ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第五十八卷　　第一期

研究報告

文心蘭切花、花苞與花朵對乙烯之反應
黃肇家、Robert E. Paull 1

探討不同甘藷品種熱水萃取液之抗氧化能力
吳宗諺、利幸真、邱采新、蔡淑珍 7

進口米之害蟲與害蟎種類調查及監測
姚美吉、李啟陽、路光暉 17

台灣超甜玉米雜種優勢類群之探討
劉紹國、謝光照、曾富生 31

栽培季節氣象環境對水稻台農 71 號生產之影響
李裕娟、楊純明、蕭巧玲 45

井邊草體外抗氧化與抗脂質過氧化活性之評估
王子慶、李後易、楊季清 55

利用葉綠體 matK 基因序列分析原生石斛蘭之遺傳歧異度
李文立、李碩朋、陳甘澍、林榮貴、戴廷恩、鍾仁彬 61

中華民國九十八年三月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　台灣　台中縣　霧峰鄉

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):1–6 (2009)

The Responses of *Oncidium* Cut Flowers to Ethylene and 1-MCP [1]

Chao-Chia Huang[2,4] and Robert E. Paull[3]

Abstract

Huang, C. C. and R. E. Paull. 2009. The responses of *Oncidium* cut flowers to ethylene and 1-MCP. J. Taiwan Agric. Res. 58:1–6.

The ethylene production by *Oncidium* 'Gower Ramsey' buds and florets and response to 1-methylcyclopropene (1-MCP) were investigated. Small flower buds produced little ethylene (0.12 nL g^{-1} hr^{-1}) and the production declined to being undetectable as the bud grew and became a floret. Ethylene production increased again as the floret began to senesce. A peak of ethylene production occurred (1.5 nL g^{-1} hr^{-1}) at the half senescent floret stage. The rises in ethylene production occurred after the start of floret senescence. Floret buds were more sensitive to exogenous ethylene than the floret, as it took 5 versus 7 days for senescence symptoms to appear at 0.03 nL mL^{-1} exogenous ethylene. The ethylene inhibitor, 1-MCP was effective in prolonging the vase life of both ethylene-treated and non-ethylene-treated cut sprays. When 1-MCP was applied again after 7 days to the same sprays, senescence symptom development was further delayed. Concentration of 1-MCP as low as 235 nL m^{-3} which was one fourth of the concentration recommended for commercial use extended vase life. Bud opening also increased following 1-MCP treatment in ethylene-treated sprays. No difference in response to 1-MCP treatment was found when the treatment was varied from 2 to 12 h and from 10℃ to 28℃. A treatment with 1-MCP was a useful tool to extend vase life of *Oncidium* cut flower sprays.

Key words: *Oncidium* cut flower, Ethylene, 1-MCP, Temperature, Concentration.

Introduction

The bicolored *Oncidium* hybrid 'Gower Ramsey' is popular both as a cut flower spray and as a potted plant. However, researches on the postharvest physiology of *Oncidium* cut flower sprays were rather limited. Goh *et al.* (1985) reported that the sensitivity of *Oncidium* cut flower to ethylene was low. Huang (1998) observed that removal of the pollenia cap of 'Gower Ramsey' *Oncidium* floret resulted in ethylene production and a reduction in vase life. The vase life was also shortened when treated with 1 nL mL^{-1} ethylene. Small *Oncidium* flower buds produce little ethylene, and the production increases as the floret begins to wilt and senesce. A peak of ethylene production is reported to occur during senescence (Song 1997). However, the relationship between ethylene production and exposure to exogenous ethylene, and *Oncidium* bud development and floret senescence is unclear.

The ethylene inhibitor, 1-Methylcyclopropene (1-MCP) has been widely used to inhibit detrimental effects of ethylene on flower senescence (Serek *et al.* 1995; Blankenship & Dole 2003). Here, we report that 1-MCP is effective on prolonging the vase life of *Oncidium* cut flower. The conditions of 1-MCP treatment such as concentration, treatment temperature, and treatment time were determined.

---

1. Contribution NO. 2341 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 2, 2008.
2. Associate Researcher, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor and Head, Department of Tropical Plant and Soil Sciences, College of Tropical, Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa.
4. Corresponding author, e-mail: cchuang@tari.gov.tw; Fax: (04)23317121.

Materials and Methods

Plant Material

'Gower Ramsey' *Oncidium* sprays were obtained on the day of harvest direct from growers. The flower buds and florets were cut from the inflorescence and sorted into 10 different developmental stages. Buds were sorted into 5 stages of development from very small to large buds: Stage 1: buds had a diameter between 3.5 to 4.5 mm, Stage 2: 4.5 to 5.5 mm, Stage 3: 7.5 to 9.5 mm, Stage 4: 9.5 to 11.0 mm, and Stage 5: 12.5 to 15.5 mm. Floret developmental stages were ranked from 6 to 10 for florets that were partially open to the full open stage. Floret senescence was ranked from 10: full open with no senescence symptoms, 8: start of senescence, 4: half senesced, 2: senesced, and, 0: complete senescence and abscised.

Ethylene Production

The ethylene production rates of buds or florets at various stages were measured. Five buds or florets of the same stage were sealed in a small flask (20 mL for buds, 50 mL for florets). The flash head-space ethylene concentration was analyzed after 4 h by a gas chromatograph. Five replications were taken for each measurement. In measuring the daily ethylene production rates of buds at stage 5 or open florets, the buds or florets were removed from the spray and kept in distilled water. Ethylene production was determined every day by sealing each bud or floret in a small vial and analyzed as previously described.

Ethylene Treatment

Individual spray stems were held in a small test tube (12 mL) with distilled water. Sprays were treated with 0, 0.01, 0.03, 0.05, and 0.1 nL mL^{-1} ethylene for 1, 3, 5, 7 d at 20℃, then held at 20℃. The vase life of buds was considered as terminated when the buds became yellow, brown or abscised. The vase life of florets was considered as terminated when the florets had senesced with a score of 5 or lower. Another group of sprays was continuously treated with ethylene.

1-methylcyclopropene Treatment

Cut florets and sprays were sealed in a 1 m^3 container at 20℃. Before sealing 1-MCP (EthylBloc, Floralife, Inc., Walterboro, South Carolina) was added at a concentration of 0, 235, 470, and 940 nL m^{-3}. The sprays were fumigated with 1-MCP for 4 h. On the second day after 1-MCP fumigation, the sprays were treated with 0.5 nL mL^{-1} ethylene for 48 h, then held at 23℃ to 28℃. The vase life of flower sprays was considered as terminated when half of the buds or florets had wilted.

Another group of cut sprays was treated with 940 nL m^{-3} 1-MCP at 10℃, 20℃, and 28℃ for 2, 6, 8, and 12 h. These sprays were then treated with 0.5 nL mL^{-1} exogenous ethylene for 24 h after the 1-MCP treatment. In another experiment, 10 sprays were untreated, 10 sprays received 940 nL m^{-3} 1-MCP for 6 h on day 0, and, the final 10 sprays were treated twice with 1-MCP the first time on day 1 and retreated again on day 7.

Results

Ethylene Production

Small *Oncidium* flower buds at stage 1 produced relatively high amounts of ethylene compared to larger buds (Fig. 1A). No ethylene was detected when the bud developed larger to stage 3 or higher. Fully opened florets did not produce any ethylene, but began to produce ethylene when the floret began to wilt with a peak occurred at the half senescence stage (Fig. 1B).

Buds removed from the spray at stage 5 developed into fully opened florets in 4 to 5 d (Fig. 2A), then began to senesce and wilt slowly. The bud did not produce ethylene until 9 d after removal (Fig. 2C). The ethylene

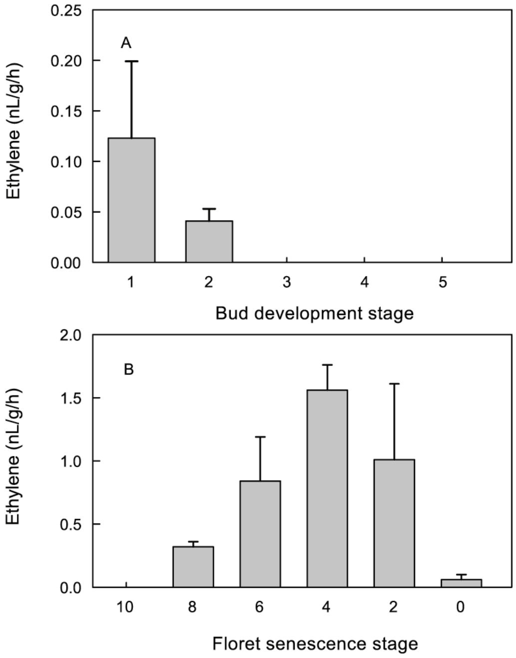

Fig. 1. Ethylene production by individual 'Gower Ramsey' *Oncidium* flower bud at different stages of development (A) and during floret senescence (B). Bud development stages were from 1 to 5, with very small buds being 4.0 mm in diameter to large buds at 14.0 mm in diameter: Floret senescence score of 8 represented a floret that had started to wilt while a score of 4 represented half senescence, and, a score of 2 represented full senescence. Each data point was the mean ± SE, n = 5.

production reached a peak about 1 d later. Fully opened florets began to wilt 4 to 6 d after removal from the spray (Fig. 2B), and ethylene production started to increase 3 d later (Fig. 2D). The ethylene production reached a peak on the 10th day after floret removal while the floret was about half senescence. No ethylene production was detected from fully opened florets for 7 d after the floret was removed from the flower spray (Fig. 2D).

The Effect of Ethylene Treatment

The vase life of flower buds was not affected by a 0.01 nL mL^{-1} exogenous ethylene treatment (Fig. 3A to 3E) but was shortened following exposure to 0.05 nL mL^{-1} and 0.1 nL mL^{-1} ethylene for 3 d (Fig. 3B) and 0.03 nL mL^{-1} for 5 d (Fig. 3C). The vase life of florets was also not affected by exposure to 0.01 nL mL^{-1} ethylene (Fig. 3F to 3J) but was shortened by 0.1 nL mL^{-1} for 3 d (Fig. 3G), 0.05 nL mL^{-1} for 5 d (Fig. 3H) and 0.03 nL mL^{-1} ethylene treatment for 7 d (Fig. 3I).

1-MCP Treatment

The 1-MCP treated flower sprays had a vase life of about 8 d while the untreated control was 3 d (Table 1). The effect of 1-MCP on vase life, at 235 nL m^{-3}, one fourth of the commercial recommended concentration, was similar to that of full concentration 940 nL m^{-3}. The vase lives of floret as well as buds were all prolonged with 1-MCP treatment. Bud opening was 57% in 1-MCP treatment while it was 5% in the control.

Florets began to abscise from the stem 5 d after harvest (Fig. 4). Sprays treated with 1-MCP showed an initial loss of 10% of the florets, then the rate of abscission slowed for 3 d before increasing again. Sprays that were treated with 1-MCP on days 0 and 7, had 5 additional days of delayed floret abscission. The rate of floret drop for 1-MCP treated sprays was similar to that of the untreated control sprays, only with a slight delay. Sprays treated on day 0 and again on day 7 had about 12 d usable vase life with less than 10% floret drop while the untreated control sprays had lost about 60% of their florets (Fig. 4).

The vase life of sprays treated with 1-MCP at 10℃, 20℃, or 28℃ for 2 h, 6 h, or 12 h were similar (Table 2). All 1-MCP treated flowers had up to 12 d vase life while the vase life of the untreated flowers was 5 d.

Discussion

Ethylene produced by small flower buds had been suggested as a growth inhibitor and slowed the bud growth in morning glory (Raab & Koning 1987). Small

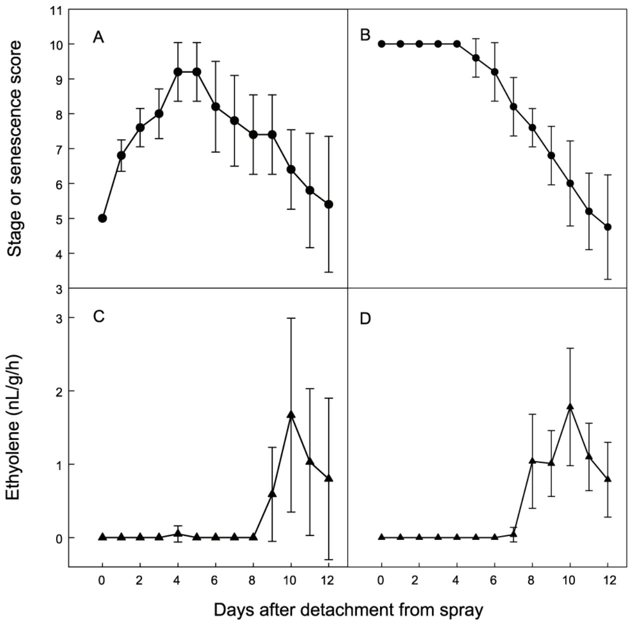

Fig. 2. Relationship between stage of bud development (A) and floret senescence (B) of 'Gower Ramsey' *Oncidium* and bud (C) and floret (D) ethylene production. Buds were cut at Stage 5 and florets cut at Stage 10 then kept in water at 20℃. Floret buds were ranked from 5 to 10 as to stage of opened floret development, and florets from 1 to 10 as to degree of senescence; from no senescence to fully senesced. Each data point was the mean ± SE, n = 5.

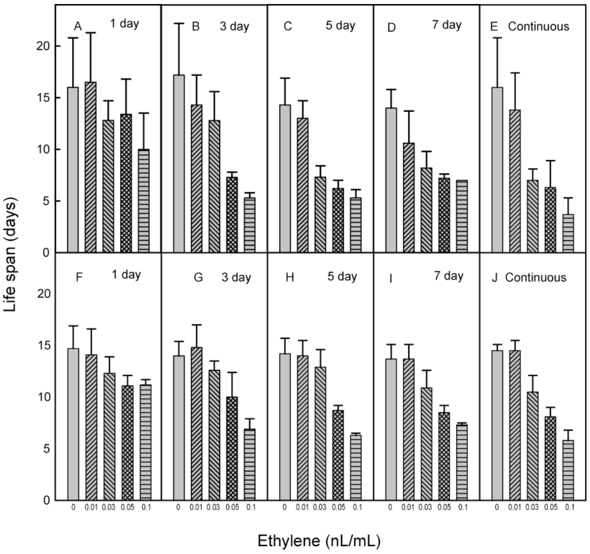

Fig. 3. The effect of exogenous ethylene treatment at different concentrations from 0 to 0.1 nL mL^{-1} and durations from 1 day to continuous presence on the vase life of 'Gower Ramsey' *Oncidium* flower buds (A to E) and florets (F to J). Each data point was the mean ± SE, n = 10.

Table 1. Effect of 1-MCP at various concentrations on the vase life of 'Gower Ramsey' *Oncidium* cut flower. The cut flower sprays were treated with 0.5 nL mL^{-1} ethylene for 48 hours after 1-MCP treatment

1-MCP concentration (nL m^{-3})	Spray vase Life (day) ^{z}	Floret life (day)	Bud life (day)	Bud opening (%)
0	3.0 ± 0.0	2.9 ± 0.2	1.0 ± 0.0	5.0 ± 7.8
235	8.0 ± 1.1	7.3 ± 0.8	12.0 ± 1.3	57.3 ± 10.0
470	8.4 ± 0.9	7.8 ± 0.4	13.6 ± 2.5	56.6 ± 9.7
940	8.5 ± 0.8	8.1 ± 0.8	14.0 ± 2.2	59.8 ± 14.7

^{z} Each data was the mean ± SE, n = 10.

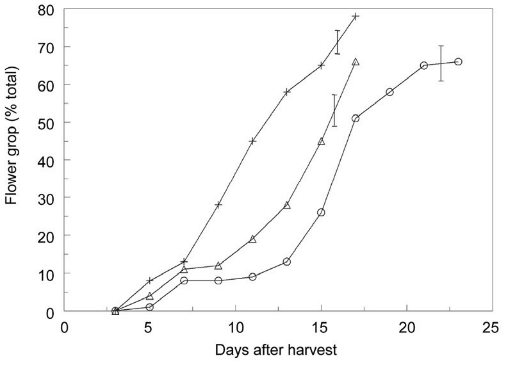

Fig. 4. The effect of treating sprays with 1-MCP immediately after harvest (△—△) and again 7 days after harvest (○—○) on floret drop compared to the control (+—+). Each data point was the mean, the error bar ± SE, n = 5.

Oncidium flower buds (4 to 5 mm in diameter) produced a small amount ethylene (Fig. 1A) and the production declined as the buds grew bigger. The ethylene production was not detectable as the bud grew from 8 to 14 mm (diameter), therefore it is likely that ethylene has little role in the bud growth. A similar ethylene production pattern has been reported for *Phalaenopsis* flower buds (Lin 1988).

Florets produced relatively high amounts of ethylene as they began to wilt and senesce (Fig. 1B & 2). Ethylene production reached a peak then declined as the floret wilted. Similar phenomena have been observed in *Cattelyia*, *Dendrobium*, and *Phalaenopsis* flowers (Goh *et al*. 1985; Huang *et al*. 1997; Nair & Fong 1987). In *Cattelyia* and *Phalaenopsis* flower, ethylene production increased before the start of flower senescence (Goh *et al.* 1985; Huang *et al*. 1997). Ethylene was proposed in these reports to be

Table 2. Effect of temperature and time of 1-MCP treatment on the vase life of 'Gower Ramsey' *Oncidium* cut flower. The cut sprays were treated with 0.5 nL mL^{-1} ethylene for 24 h after the 1-MCP treatment. The vase life of control was 5.2 ± 1.0 days

	Time (h) [z]			
Temperature (℃)	2	4	8	12
10	10.8 ± 1.8	10.3 ± 1.2	9.5 ± 1	9.8 ± 1.0
20	10.5 ± 1.3	10.3 ± 1.3	10.5 ± 1.3	9.7 ± 0.9
28	11.0 ± 1.5	11.6 ± 1.4	10.3 ± 0.7	10.8 ± 1.0

[z] Each data was the mean ± SE, n = 10.

an inducer of flower senescence. However, the rise in ethylene production by *Oncidium* florets always occurred later than the start of floret senescence and therefore as a byproduct that accompanied floret senescence. Since exogenous ethylene at very low concentrations accelerated senescence of *Oncidium* flower bud and floret and 1-MCP effectively prolonged the vase life of ethylene treated flowers, it was apparent that ethylene does play an important role in *Oncidium* flower senescence.

Oncidium flower bud and floret were very sensitive to ethylene. The vase life of the buds and florets was significantly shortened by exposure to 0.03 nL mL^{-1} ethylene (Fig. 3). The bud was more sensitive than the floret as it took 5 d for the ethylene treatment to result in any detrimental effect on the bud compared to 7 d for the floret.

A repeat treatment of sprays with 1-MCP after 7 d further delayed floret senescence and abscission (Fig. 4). This delay is similar to that experienced with fruits and flowers (Sangwanangkul *et al.* 2008). It has suggested that the initiation of senescence is due to production of new ethylene receptors that are not blocked by ethylene (Blankenship & Dole 2003).

Treatment with 1-MCP was very effective in delaying ethylene induced senescence (Table 1 & 2). The concentration of 1-MCP at one fourth that recommended for commercial use extended the vase life of *Oncidium* sprays. The duration of 1-MCP treatment could be as short as 2 h and up to 18 h. The 1-MCP treatment was successful when applied between 10℃ and 28℃ (Table 2). These data indicated that 1-MCP had the commercial potential for treatment of *Oncidium* cut flower sprays as it enhanced bud opening and delayed floret senescence.

Acknowledgments

The authors would like to thank Ms. Chin-Yu Tsai, Ms. Hui-Sui Huang, and Mr. Chung Chen for devoting themselves to this research.

Literature cited

Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. Postharvest Biol. Technol. 28: 1–25.

Goh, C. J., A. H. Halevy, R. Engal, and A. M. Kofrank. 1985. Ethylene evolution and sensitivity in cut orchid flowers. Sci. Hortic. 26:57–67.

Huang, C. C., M. H. Pan, and T. T. Wang. 1997. Senescence, ethylene production and electrolyte leakage of different parts of chilled *Phalaenopsis* flower. J. Agric. Res. China 46:167–180.

Huang, C. C. 1998. Ethylene production of *Oncidium* flower and the change of flower quality affected by ethylene treatment and pollinia cap removal. J. Agric. Res. China 47:125–134.

Lin Y. S. 1988. Postharvest Physiology and Senescence of *Phalaenopsis* Cut Flower. Master thesis. Department of Horticulture. Natl. Taiwan Univ. 170 pp.

Nair, H. and T. H. Fong. 1987. Ethylene production of orchid flowers and 1-amino cyclopropan-1-carboxylic acid levels in detached *Dendrobium* 'Pompadour'. Sci. Hortic. 32:145–151.

Raab, M. M. and R. E. Koning. 1987. Changes in responsiveness to ethylene and gibberellins during corolla expansion of *Ipomoea nil*. J. Plant Growth Regul. 6: 121–131.

Sangwanangkul, P., P. Saradhuldhat, and R. E. Paull. 2008. Survey of tropical cut flower and foliage responses to irradiation. Postharvest Biol. Technol. 48:264–271.

Serek, M., E. C. Sisler, and M. S. Reid. 1995. Effect of 1-1-MCP on the vase life and ethylene responses of flowers. Plant Growth Regul. 16:93–97.

Song, C. J. 1997. Studies on Handling Quality of Pollenia De-capped of Cut *Oncidium*. Master thesis. Department of Horticulture. Natl. Chung-Hsing Univ. 117 pp.

文心蘭切花、花苞與花朵對乙烯之反應[1]

黃肇家[2,4]　Robert E. Paull[3]

摘　要

黃肇家、Robert E. Paull。2009。文心蘭切花、花苞與花朵對乙烯之反應。台灣農業研究 58:1–6。

本研究探討"南西"文心蘭 (*Oncidium* 'Gower Ramsey') 切花之花苞與花朵之乙烯生成，以及對乙烯與乙烯抑制劑甲基環丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 之反應。文心蘭小花苞產生少量的乙烯 (約為 0.12 nL g^{-1} h^{-1})，隨著花苞長大到開張為花朵，乙烯之生成量漸漸降低，到測不出來的程度。花朵開始老化時，乙烯生成量又增加，在花半衰老時，乙烯生成達到高峰 (約為 1.5 nL g^{-1} h^{-1})。花朵於開始顯現老化症狀之後，乙烯之生成才開始增加。花苞比花朵對乙烯更為敏感，在外加乙烯 0.03 nL mL^{-1} 環境下，花苞 5 d 會產生老化症狀，而花朵要 7 d 才產生老化症狀。1-MCP 可以有效的延長外加乙烯處理或未經外加乙烯處理之文心蘭切花之瓶插壽命，如果 1-MCP 在處理後 7 d 再處理 1 次，可以進一步延緩切花之老化。1-MCP 使用劑量降為 0.125 g m^{-3}，亦即商業推薦量的 1/4 量，仍然可以有效的延長切花壽命。1-MCP 也可以有效的恢復經乙烯處理之花苞之開張能力。1-MCP 處理時間由 2 h 增至 12 h，處理溫度由 10℃ 至 28℃，結果都一樣有效，顯示 1-MCP 處理是延長文心蘭切花壽命有效的方法。

關鍵詞：文心蘭切花、乙烯、甲基環丙烯、溫度、劑量。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2341 號。接受日期：97 年 12 月 2 日。
2. 本所作物組副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 美國夏威夷大學熱帶植物暨土壤科學系教授兼系主任。美國 夏威夷州 火魯魯 (檀香山)。
4. 通訊作者，電子郵件：cchuang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317121。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):7–16 (2009)

探討不同甘藷品種熱水萃取液之抗氧化能力 [1]

吳宗諺[2] 利幸真[3] 邱采新[4] 蔡淑珍[2,5]

摘 要

吳宗諺、利幸真、邱采新、蔡淑珍。2009。探討不同甘藷品種熱水萃取液之抗氧化能力。台灣農業研究 58:7–16。

本研究主要探討不同甘藷品種間熱水萃取液之一般組成分及抗氧化活性之差異。選用台灣 13 種甘藷品種，包括台農 57 號、64 號、66 號、68–73 號、桃園 1 號、薩摩光、清水紫和山川紫，測定不同品種其熱水萃取液之總酚含量、總花青素含量、α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH) 自由基清除能力和氧自由基清除能力 (oxygen radical absorbance capacity, ORAC)。結果顯示，總酚含量方面以山川紫 (500.99 mg/100 g gallic acid equivalents, GAE; dry weight, dw) 和清水紫 (454.76 mg/100 g GAE dw)，顯著高於其他品種；總花青素含量也呈現相同趨勢。在抗氧化能力方面，DPPH 自由基清除能力以清水紫抗氧化能力最高 (26.15 ± 1.84 μmol/g Trolox equivalents, TE dw)，其次爲山川紫 (21.90 ± 1.28 μmol/g TE dw)。氧自由基清除能力同樣的以清水紫和山川紫兩種品種最高，分別爲 112.03 ± 0.86 和 129.42 ± 0.44 μmol/g TE dw。本研究結果顯示清水紫和山川紫兩種品種之總酚含量、總花青素含量和抗氧化能力顯著高於其他品種，因此可以作爲未來利用甘藷開發機能性食品之參考依據。

關鍵詞：甘藷、抗氧化活性、熱水萃取。

前 言

甘藷 (*Ipomoea batatas* L.) 的營養保健作用及藥用價值越來越受到重視，因甘藷本身富含膳食纖維、維生素、礦物質和具有抗氧化能力之多酚類化合物，如花青素、β-胡蘿蔔素，具有清除自由基的能力，能減少慢性疾病的發生率，例如心血管疾病、癌症及延緩老化等功用 (Wang *et al*. 1996)。這些具有生物活性的酚類化合物和胡蘿蔔素，使甘藷呈現出不同的色澤 (如淡黃色、深黃色、橙色和紫色)，也使其具有不同程度的抗氧化能力 (Teow *et al*. 2007)。

台灣絕大部分之甘藷品種皆來自農業試驗所，是台灣重要糧食作物之一，栽培面積約 9000 ha，年產量約 200,000 t (Lai 2005)，也因

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2342 號。接受日期：97 年 12 月 4 日。
2. 本所農業化學組聘用人員與副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所嘉義分所農藝系助理研究員。台灣 嘉義市。
4. 國立澎湖科技大學食品科學系助理教授。台灣 澎湖縣。
5. 通訊作者，電子郵件: sjtsai@tari.gov.tw；傳真機: (04)23302805。

爲甘藷具有許多生理活性，使民眾食用甘藷的量越來越多，所開發之甘藷產品也不勝枚舉。食品是人類賴以生存的物質基礎，人類對食品的要求也從「吃飽」走向「吃健康」的飲食習慣。目前，健康長壽以成爲人們普遍關注的問題，研究食物的功能成分、營養成分，開發保健食品以成爲目前國內外食品研究矚目的研究課題及發展趨勢。由於台灣甘藷品種多樣化，應區別各品種間生物活性之差異，選別出具高抗氧化能力之品種，藉以推廣栽種及開發新的加工保健產品，提高甘藷的多元化利用性。

目前一般進行之蔬果抗氧化力分析大部分都採用 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical assay) 法，此方法具有簡單、穩定等優點；然而 DPPH 法並不是針對造成人體傷害較大的氧自由基進行分析，因此其結果並無法完全真正代表抗活性氧分子之能力 (Prior *et al.* 2005)。而 ORAC (oxygen radical absorbance capacity) 法是應用 H 原子轉移機制來評估自由基的清除能力，是最接近人體中自然發生之抗氧化反應，且在 ORAC 法分析中，除了能同時分析抗氧化物抑制自由基作用所需時間，更能測定抑制自由基作用程度。因此，ORAC 法是到目前爲止被認爲敏感度高，且最可信賴的抗氧化力分析方法 (Prior *et al*. 2005)。

本試驗乃評估 13 種不同甘藷品種之一般組成份差異，及探討利用 DPPH 和 ORAC 方法測定熱水萃取所得甘藷萃取液之抗氧化能力，期望研究結果將有助於了解甘藷之保健功效，並作爲保健食材開發之參考。

材料與方法

樣品製備

本試驗材料由農業試驗所嘉義分所提供 95 年秋作之甘藷，包括台農 57 號 (Tainung No. 57)、台農 64 號 (Tainung No. 64)、台農 66 號 (Tainung No. 66)、台農 68 號–73 號 (Tainung No. 68–73)、桃園 1 號 (Taoyuan No. 1)、薩摩光 (Satsumahikari)、清水紫 (Chingshey purple) 和山川紫 (Ayamurasaki)，共 13 種。將生鮮甘藷洗淨去皮切塊後，經由 60℃熱風乾燥後，磨成細粉過篩備用。

甘藷熱水萃取液之製備

秤取甘藷粉末 0.5 g，加入 100 mL 之去離子水，在 100℃下萃取 30 min 後，以 Whatman 41 號濾紙過濾後，再以 Millipore 0.45 μm 過濾膜過濾，濾液儲存於-20℃備用。

一般組成份分析

粗蛋白 (Crude protein) 測定：精秤 0.2 g 的樣品，以 Kjeldahl 法，定出總氮量 (N)，粗蛋白質含量以 N% 乘 6.25 表示之 (AOAC 1984)。

粗脂質 (Crude fat) 測定：精秤樣品 1.0 g，置於圓筒濾紙中，先於烘箱中以 100–105℃烘乾 2–3 h，塞上脫脂棉，利用自動油脂萃取裝置 (Soxtec System HT 1043, Extraction Unit, Tecator Co.)，於 95℃油浴下，以乙醚連續萃取 1.5 h 後，取下鋁杯吹乾乙醚，烘箱乾燥直至恆重 (AOAC 1984)。

灰份 (Ash) 測定：精秤 1.0 g 的樣品，置於已恆重之坩鍋，先將樣品乾燥，再置於灰化爐 200℃，2–3 h，再提高溫度至 550–600℃，5–10 h，即可置於乾燥皿中放冷秤至恆重，即可計算灰份含量。

粗纖維 (Crude fiber) 測定：精秤脫脂樣品粉末 1.0 g，依 AOAC (1984) 方法，利用粗纖維測定裝置 (Tecator, Fibertec System I) 測定。

總碳水化合物 (Total carbohydrate) 測定：依據 Dubois 等 (1979) 的方法測定。取 0.5 mL 萃取液加入 0.5 mL 5% phenol 溶液，再加入 2.5 mL 的 96%硫酸，靜置 30 min 後，以 490 nm 測吸光值。

還原糖 (Reducing sugar) 含量測定：取 0.5 mL 萃取液，加入 0.5 mL DNS (3,5-dini-

trosalicylic acid, DNS) 試劑，混合後在沸水浴中加熱反應 5 min，加入 4 mL 蒸餾水稀釋後，混合均勻後放置至室溫，以 540 nm 測吸光值。

礦物質 (Minerals) 含量測定：取 1 g 樣品置於乾鍋中，添加 5 mL 之 95%酒精，點火燃燒使其初步碳化，再移至高溫灰化爐中灰化。灰化後之樣品冷卻後，加入 5 mL 之 3 N HCl 於水浴槽加熱 10 min 使其溶解，冷卻後以 0.2 N HCl 稀釋至 50 mL，過濾後以感應耦合電漿-原子發射光譜分析儀 (Inductively coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES; ICP-AES, Jobin-YvonJY38 Type Ш) 測定礦物質元素含量，包括巨量元素 (Macro minerals) 和微量元素 (Trace minerals) 兩大類。

總花青素 (Total anthocyanins) 含量測定：參考 Huang *et al*. (2006) 分析方法，精秤 0.5 g 樣品，加入 10 mL 萃取溶劑 (100%甲醇中含 1%之 HCl) 萃取花青素，將此混合液混合均勻，200 rpm 避光萃取 30 min，以 1600 g (3000 rpm)，4℃離心 15 min，取其上清液，上清液於 530 nm 測其吸光值。將所測得吸光值經由下列方程式換算：總花青素含量 (mg/100 g dry matter) = 吸光值 × 484.84 × 稀釋倍數 × 100/(34,300 × 樣品重)

總酚含量及抗氧化分析

總酚 (Total phenols) 含量測定：取甘藷熱水萃取液 1 mL，加入 1 mL Folin-Ciocalteu 試劑震盪混合，靜置 3 min 再加入 0.1 mL 10% Na_2CO_3，室溫下靜置 1 h，以 735 nm 測吸光值。配置不同濃度沒食子酸 (gallic acid) 製作檢量線，計算總酚含量 (Chung *et al*. 2005)。

DPPH 自由基清除效力之測定：參考 Yamaguchi *et al*. (1998) 之方法，取 50 µL 甘藷熱水萃取液及不同濃度之 Trolox 爲對照組，依序加入 50 µL Tris-HCl 緩衝液及 100 µL 新鮮配製的 DPPH 乙醇溶液，震盪後於暗室靜置 30 min，於 517 nm 檢測其吸光值。DPPH 清除效應百分率之計算如下：[1−(萃取液於 517 nm 之吸光值/未添加萃取液之控制組於 517 nm 之吸光值)] × 100%。將所得之清除率經由 Trolox 所求得之檢量線換算，可得知相同濃度甘藷熱水萃取液相對於多少濃度之 Trolox。

氧自由基吸收能力 (ORAC) 分析：於 96 孔微量盤中依序加入甘藷熱水萃取液 25 µL，Fluorescein 50 µL 及 2,2'-azobis (2-amidino-propane) hydrochloride (AAPH，自由基誘導物) 25 µL，抗氧化物標準品 (Trolox 約 0–100 µM) 後震盪 8 s，反應溫度 37℃。於激發波長和散射波長分別爲 485 nm 及 528 nm 下，每隔 2 min 紀錄螢光強度值 (Ou *et al.* 2001)。

結　　果

一般組成份之比較

本試驗甘藷的含水率約爲 62–75%之間，由表 1 可得知在 13 種甘藷品種粗蛋白質含量以山川紫最高 (9.34 ± 0.43%)，其次是台農 69 號 (7.81 ± 0.10%)，剩餘之品種粗蛋白質含量介於 4–6%之間。粗纖維含量各品種間差異性不大約在 1.79–2.98%。粗脂肪含量分佈在 1.66–4.01% 之間，以台農 64 號 (4.01 ± 0.01%) 最高，大部分品種粗脂肪含量約 1.93–2.67%之間。各品種之灰份含量以山川紫 (3.71 ± 0.11%) 最高，台農 73 號 (3.41 ± 0.05%) 次之，其餘皆分布於 2–3%之間。總碳水化合物含量各品種間的差異較小，含量約爲 605.20–755.99 mg/g Glucose (Glu) 之間，還原糖含量則以台農 66 號最高 (417.65 ± 2.39 mg/g, Glu)，另外山川紫含量也超過 300 mg/g Glu，其餘品種含量介於 200–300 mg/g Glu。

表 1. 不同甘藷品種組成分含量

Table 1. Components of root tissues of 13 varieties of sweet potato [z]

Variety	Crude protein [y] (% wt/wt)	Crude fiber (% wt/wt)	Crude fat (% wt/wt)	Ash (% wt/wt)	Total carbohydrate (mg/g Glu)	Reducing sugar (mg/g Glu)
Tainung No. 66	5.65 ± 0.08 e [x]	2.36 b	2.67 ± 0.53 bc	2.89 ± 0.02 c	645.44 ± 30.42 bc	417.65 ± 2.39 a
Chingshey purple	6.87 ± 0.10 c	1.97 de	2.40 ± 0.11 c	2.95 ± 0.05 c	697.63 ± 41.04 ab	245.18 ± 2.39 f
Tainung No. 57	4.12 ± 0.19 gh	1.99 de	2.53 ± 0.32 bc	1.98 ± 0.03 j	755.99 ± 34.61 a	277.31 ± 4.78 e
Tainung No. 72	5.96 ± 0.05 d	2.22 bc	2.25 ± 0.03 c	2.98 ± 0.06 c	707.96 ± 57.46 ab	282.38 ± 2.39 de
Tainung No. 70	4.40 ± 0.01 g	2.16 cd	2.01 ± 0.69 c	2.23 ± 0.00 gh	714.68 ± 23.40 ab	258.71 ± 2.39 f
Ayamurasaki	9.34 ± 0.43 a	2.36 b	2.38 ± 0.22 c	3.71 ± 0.11 a	654.86 ± 8.69 bc	304.36 ± 9.57 b
Tainung No. 71	4.19 ± 0.04 gh	2.98 a	2.08 ± 0.61 c	2.29 ± 0.03 g	682.97 ± 66.59 abc	284.07 ± 0.00 de
Taoyuan No. 1	5.21 ± 0.06 f	2.31 bc	2.28 ± 0.32 c	2.45 ± 0.01 f	695.37 ± 30.63 ab	287.45 ± 14.35 cde
Satsumahikari	5.42 ± 0.02 ef	2.19 bc	2.33 ± 0.49 c	2.77 ± 0.06 d	679.85 ± 7.12 abc	282.38 ± 11.96 de
Tainung No. 73	6.57 ± 0.01 c	2.30 bc	1.93 ± 0.73 c	3.41 ± 0.05 b	714.96 ± 32.74 ab	295.90 ± 2.39 bcd
Tainung No. 68	4.05 ± 0.01 h	1.81 e	2.65 ± 0.12 bc	2.12 ± 0.02 i	757.78 ± 2.74 a	246.87 ± 0.00 f
Tainung No. 64	5.16 ± 0.05 f	2.88 a	4.01 ± 0.01 a	2.18 ± 0.02 hi	699.46 ± 74.85 ab	299.29 ± 2.39 bc
Tainung No. 69	7.81 ± 0.10 b	2.94 a	3.31 ± 0.17 ab	2.54 ± 0.01 e	605.20 ± 37.63 c	287.45 ± 9.57 cde

[z] Root tissues of 13 sweet potato varieties were compared on dry weight basis.
[y] Data presented are means ± standard deviation (n = 3).
[x] Means in a column with different small letters are significantly different ($p < 0.05$).

礦物質含量之比較

各品種中巨量元素含量 (S, P, Na, K, Ca, Mg) 以山川紫品種在 S、P、K、Ca、Mg 元素中含量最高 (表 2)。S 含量分布在 25.80–59.51 mg/100 g 之間，台農 71 號和台農 68 號含量最低。P 含量差異較大 (38.76–135.31 mg/100 g)，台農 68 號含量最低 (38.76 ± 4.01 mg/100 g)。Na 含量則以台農 69 號最高 (133.14 ± 20.98 mg/100 g)，清水紫最低 (18.39 ± 0.63 mg/100 g)，Na 含量因品種不同，差異也較大，含量分布從 18.39–133.14 mg/100 g 之間。K 含量則以山川紫 (1561.60 ± 16.07 mg/100 g) 顯著高於其他品種，其次是台農 73 號 (1405.31 ± 36.06 mg/100 g)，以台農 57 號 (785.30 ± 20.01 mg/100 g) 最低。Ca 含量以台農 66 號 (36.40 ± 0.99 mg/100 g) 最低，和最高的山川紫 (197.88 ± 3.19 mg/100 g) 相差超過 150 mg，在所有品種中只有山川紫、桃園 1 號和台農 69 號 Ca 含量皆超過 100 mg/100 g。Mg 含量只有山川紫和台農 69 號達到 120 mg/100 g，其餘品種含量都在 70 mg/100 g 以下，以台農 57 號和台農 68 號最低，Mg 含量約只有 29 mg/100 g。

而在微量元素 (Fe、Mn、Cu、Zn、B、Al) 含量方面 (表 3)，不同品種 Fe 含量在 1.39–2.93 mg/100 g 之間。Mn 含量則以台農 69 號 10.07 ± 0.12 mg/100 g 遠高於其他品種，其餘品種含量皆在 5 mg/100 g 以下。Cu、Zn、B 含量各品種間差異不大，Cu 含量在 0.27–0.76 mg/100 g 間，Zn 含量在 0.55–0.68 mg/100 g 之間，B 含量則在 0.31–0.71 mg/100 g 範圍間。Al 含量則以薩摩光和台農 71 號含量大約 6.5 mg/100 g 最高，而台農 66 號、清水紫、台農 57 號含量則低於 2 mg/100 g。

總酚及總花青素含量之比較

從表 4 中可得知山川紫品種之甘藷總酚含量 (500.99 ± 21.89 mg/100 g gallic acid equivalents, GAE) 高於其他品種，清水紫品種含量

表 2. 不同品種甘藷巨量元素含量

Table 2. Contents of macro minerals in root tissues of 13 varieties of sweet potato [z]

Variety	S [y] (mg/100 g)	P (mg/100 g)	Na (mg/100 g)	K (mg/100 g)	Ca (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
Tainung No. 66	38.58 ± 1.86 d [x]	78.70 ± 2.39 abcde	34.21 ± 1.07 fgh	1354.88 ± 5.89 bc	36.40 ± 0.99 j	42.54 ± 1.13 h
Chingshey purple	46.51 ± 1.82 c	102.58 ± 1.63 abcd	18.39 ± 0.63 h	1321.01 ± 47.15 cd	92.95 ± 0.35 e	62.56 ± 0.42 d
Tainung No. 57	30.59 ± 0.18 f	44.69 ± 0.85 de	81.81 ± 0.11 c	785.30 ± 20.01 h	43.04 ± 0.01 i	28.26 ± 0.35 i
Tainung No. 72	50.21 ± 1.53 b	71.89 ± 1.73 bcde	44.07 ± 5.73 efg	1299.34 ± 48.50 cde	74.36 ± 3.52 g	58.76 ± 2.57 ef
Tainung No. 70	34.51 ± 0.26 e	129.12 ± 60.51 ab	63.94 ± 1.08 cde	968.77 ± 4.71 g	82.88 ± 1.37 f	59.08 ± 1.35 def
Ayamurasaki	59.51 ± 1.89 a	135.31 ± 3.91 a	35.60 ± 13.51 fgh	1561.60 ± 16.07 a	197.88 ± 3.19 a	122.55 ± 1.83 a
Tainung No. 71	25.80 ± 1.06 g	59.00 ± 0.47 cde	66.15 ± 8.79 cd	950.62 ± 42.97 g	96.34 ± 0.95 e	48.29 ± 0.82 g
Taoyuan No. 1	38.19 ± 0.76 d	102.21 ± 58.68 abcd	31.66 ± 3.85 gh	1090.58 ± 36.95 f	108.60 ± 0.13 d	60.25 ± 0.69 def
Satsumahikari	36.14 ± 1.54 de	74.77 ± 12.71 abcde	32.62 ± 5.64 gh	1280.16 ± 30.40 de	73.91 ± 2.44 g	51.23 ± 0.30 g
Tainung No. 73	46.80 ± 1.08 c	114.09 ± 0.84 abc	110.97 ± 8.32 b	1405.31 ± 36.06 b	68.99 ± 2.14 h	66.86 ± 0.44 c
Tainung No. 68	27.33 ± 1.05 g	38.76 ± 4.01 e	53.00 ± 20.88 def	972.39 ± 41.38 g	44.96 ± 1.34 i	29.40 ± 0.48 i
Tainung No. 64	38.19 ± 0.26 d	118.24 ± 63.81 abc	77.74 ± 8.33 c	944.05 ± 31.99 g	68.76 ± 2.30 h	62.00 ± 1.61 de
Tainung No. 69	45.99 ± 0.09 c	85.39 ± 26.80 abcde	133.14 ± 20.98 a	921.95 ± 37.42 g	149.79 ± 1.58 c	120.11 ± 5.18 a

[z] Root tissues of 13 sweet potato varieties were compared on dry weight basis.
[y] Data presented are means ± standard deviation (n = 3).
[x] Means in a column with different small letters are significantly different ($p < 0.05$).

表 3. 不同品種甘藷微量元素含量

Table 3. Contents of trace minerals in root tissues of 13 varieties of sweet potato [z]

Variety	Fe [y] (mg/100 g)	Mn (mg/100 g)	Cu (mg/100 g)	Zn (mg/100 g)	B (mg/100 g)	Al (mg/100 g)
Tainung No. 66	1.46 ± 0.08 cd [x]	0.38 ± 0.00 m	0.33 ± 0.00 cd	0.71 ± 0.04 de	0.44 ± 0.00 d	1.87 ± 0.07 ab
Chingshey purple	2.08 ± 0.00 bc	2.51 ± 0.04 e	0.43 ± 0.00 bcd	1.10 ± 0.00 b	0.43 ± 0.00 d	1.26 ± 0.75 b
Tainung No. 57	1.09 ± 0.15 d	1.34 ± 0.00 h	0.22 ± 0.00 d	0.55 ± 0.04 f	0.31 ± 0.04 e	1.36 ± 0.64 b
Tainung No. 72	1.63 ± 0.16 bcd	0.99 ± 0.04 j	0.27 ± 0.00 d	1.03 ± 0.04 bc	0.33 ± 0.00 e	4.74 ± 1.01 ab
Tainung No. 70	1.85 ± 0.00 bc	1.65 ± 0.04 g	0.36 ± 0.04 cd	0.74 ± 0.00 de	0.50 ± 0.08 cd	4.63 ± 1.37 ab
Ayamurasaki	2.80 ± 0.03 a	2.01 ± 0.00 f	0.63 ± 0.04 ab	1.10 ± 0.04 b	0.71 ± 0.00 a	3.11 ± 1.64 ab
Tainung No. 71	1.90 ± 0.15 bc	4.62 ± 0.04 b	0.41 ± 0.19 bcd	0.80 ± 0.00 d	0.50 ± 0.00 cd	6.17 ± 3.09 ab
Taoyuan No. 1	1.49 ± 0.19 cd	0.80 ± 0.00 kl	0.33 ± 0.00 cd	0.71 ± 0.04 de	0.47 ± 0.04 cd	5.97 ± 1.86 ab
Satsumahikari	1.81 ± 0.42 bc	3.73 ± 0.12 c	0.35 ± 0.04 cd	0.95 ± 0.00 c	0.52 ± 0.04 bc	6.86 ± 4.48 a
Tainung No. 73	2.93 ± 1.17 a	0.75 ± 0.00 l	0.41 ± 0.04 bcd	0.79 ± 0.15 d	0.68 ± 0.04 a	3.68 ± 3.02 ab
Tainung No. 68	1.39 ± 0.12 cd	1.18 ± 0.00 i	0.27 ± 0.00 d	0.66 ± 0.04 e	0.33 ± 0.00 e	4.59 ± 3.24 ab
Tainung No. 64	2.25 ± 0.19 ab	0.86 ± 0.00 k	0.57 ± 0.11 abc	0.77 ± 0.04 d	0.52 ± 0.04 bc	5.55 ± 1.37 ab
Tainung No. 69	2.23 ± 0.15 ab	10.07 ± 0.12 a	0.76 ± 0.38 a	1.44 ± 0.00 a	0.58 ± 0.04 b	5.60 ± 5.72 ab

[z] Root tissues of 13 sweet potato varieties were compared on dry weight basis.
[y] Data presented are means ± standard deviation (n = 3).
[x] Means in a column with different small letters are significantly different ($p < 0.05$).

也有 454.67 ± 13.11 mg/100 g GAE，台農66號、薩摩光和台農73號總酚含量也有180 mg/100 g GAE以上，而台農57號、台農71號、桃園1號和台農68號這些品種甘藷總酚含量相對低於其他品種，皆低於100 mg/100 g GAE。

而總花青素含量 (表4) 也以山川紫品種之甘藷含量最高 (266.36 ± 1.51 mg/100 g)，清水紫品種次之 (211.03 ± 3.99 mg/100 g)。其餘甘藷品種只有台農73號含量有達90 mg/100 g外，剩餘甘藷品種花青素含量都只介於40–60 mg/100 g之間。

DPPH 自由基清除能力之比較

相同濃度之不同品種甘藷熱水萃取液清除DPPH自由基能力以清水紫52.82%最高，山川紫 44.17%居次，台農64號也有33.08%清除能力。另外如薩摩光、台農66號、台農72號、台農70號、台農73號和台農69號，清除能力皆超過14%。其餘甘藷品種清除DPPH自由基均低於10% (表5)。

不同品種甘藷熱水萃取液清除 DPPH 自由基及 ORAC 抗氧化能力之高低，以相對於Trolox濃度來表示。在清除DPPH自由基結果中以清水紫和山川紫相當於 26.15 ± 1.84 及 21.90 ± 1.28 μmol/g Trolox equivalents (TE) 爲最高，而薩摩光及台農64號也有超過10 μmol/g TE，其餘品種都只介於3–8 μmol/g TE之間，最差的是台農68號和台農57號，幾乎爲零 (表5)。

不同品種甘藷氧自由基吸收能力 (ORAC) 之差異，由表5中可得知山川紫氧自由基吸收能力最好，相當於 129.42 ± 0.44 μmol/g TE，清水紫 112.03 ± 0.86 TE次之。台農57號和桃園1號氧自由基吸收能力最低，只有 4.29 ± 1.14 和 3.73 ± 0.10 μmol/g TE，其餘品種氧自由基吸收能力則分布在11–50 μmol/g TE之間。

表 4. 不同甘藷品種之總酚及總花青素含量

Table 4. Total phenols and total anthocyanins in root tissues of 13 varieties of sweet potato [z]

Variety	Total phenols (mg/100 g GAE) [y]	Total anthocyanins (mg/100 g)
Tainung No. 66	364.85 ± 1.30 c [x]	49.03 ± 1.07 ghi
Chingshey purple	454.67 ± 13.11 b	211.03 ± 3.99 b
Tainung No. 57	67.22 ± 3.30 i	49.50 ± 1.67 fgh
Tainung No. 72	101.76 ± 2.60 gh	42.85 ± 3.55 j
Tainung No. 70	111.25 ± 3.30 fg	45.45 ± 4.02 hij
Ayamurasaki	500.99 ± 21.89 a	266.36 ± 1.51 a
Tainung No. 71	98.96 ± 2.63 gh	55.29 ± 2.66 def
Taoyuan No. 1	88.92 ± 0.65 h	56.80 ± 2.57 de
Satsumahikari	209.23 ± 5.97 d	60.84 ± 1.51 d
Tainung No. 73	187.69 ± 4.62 e	96.15 ± 3.18 c
Tainung No. 68	64.14 ± 0.66 i	43.64 ± 4.16 ij
Tainung No. 64	188.86 ± 1.97 e	51.81 ± 0.92 efg
Tainung No. 69	120.68 ± 3.95 f	50.15 ± 0.33 fgh

[z] Root tissues of 13 sweet potato varieties were compared on dry weight basis.
[y] Data presented are means ± standard deviation (n = 3).
[x] Means in a column with different small letters are significantly different ($p < 0.05$).

表 5. 不同品種甘藷熱水萃取液之抗氧化能力

Table 5. Antioxidant ability of hot water extracts from different sweet potato varieties

Variety	DPPH scavenging effect (%)	DPPH (μmol/g TE)$^{z, y}$	ORAC (μmol/g TE)^{z}
Tainung No. 66	15.14 e^{x}	6.56 ± 0.00 e	21.15 ± 0.57 f
Chingshey purple	52.85 a	26.15 ± 1.84 a	112.03 ± 0.86 b
Tainung No. 57	1.32 h	-0.96 ± 0.14 h	4.29 ± 1.14 i
Tainung No. 72	16.35 e	7.06 ± 0.43 e	11.42 ± 0.57 h
Tainung No. 70	15.98 e	6.86 ± 0.43 e	10.32 ± 1.71 h
Ayamurasaki	44.17 b	21.90 ± 1.28 b	129.42 ± 0.44 a
Tainung No. 71	6.77 fg	1.95 ± 1.70 fg	15.86 ± 0.14 g
Taoyuan No. 1	9.59 f	3.45 ± 0.43 f	3.73 ± 0.10 i
Satsumahikari	26.32 d	12.37 ± 0.85 d	30.24 ± 2.51 e
Tainung No. 73	17.11 e	7.46 ± 0.14 e	39.32 ± 0.99 d
Tainung No. 68	3.67 gh	0.29 ± 0.35 gh	11.55 ± 0.08 h
Tainung No. 64	33.08 c	15.98 ± 1.42 c	46.42 ± 2.45 c
Tainung No. 69	14.29 e	5.96 ± 0.28 e	12.38 ± 0.07 h

^{z} Root tissues of 13 sweet potato varieties were compared on dry weight basis.
^{y} Data presented are means ± standard deviation (n = 3).
^{x} Means in a column with different small letters are significantly different ($p < 0.05$).

討　　論

新鮮甘藷是屬於高水分之塊根植物，水分含量約爲塊根總重之 70–85%之間。而本試驗中甘藷塊根水分含量爲 64–73%之間，是因爲甘藷會隨著儲藏時間增加，其水分含量會慢慢遞減，使得本試驗之甘藷水分含量稍微降低。根據 Ravindran (1995) 等人研究結果，粗蛋白含量隨著品種而有所差異，可以從每 100 g 中含有 1.3 g 到 10 g 以上，本試驗中以山川紫含量 9.34 g/100 g 爲最高。雖然甘藷在美國被當作是一種低蛋白食品，但是在很多國家還是被當作很重要之蛋白質來源 (Walter *et al.* 1984)。另外在粗脂肪、粗纖維和灰份含量品種間差異不大，這結果也和 Ravindran (1995) 等人研究結果相符合。

甘藷含有豐富的礦物質元素，可以作爲補充人體礦物質之來源，農產品之礦物質含量因其產地之不同而有所差異。Makki (1986) 等人研究指出兩種產於埃及之甘藷品種，其礦物質含量以 Ca 最高，依次爲 Mg、Fe、Cu、Zn、Mn。Olaofe & Sanni (1988) 研究指出甘藷塊根中含量最豐富的礦物質爲 K (3617 mg/100 g)，依序爲 Mg (580 mg/100 g)、Ca (112 mg/100 g)，而 Mn、Fe、Cu、Zn 則含量較低爲 8.8、14.0、1–5.0 和 3.0 mg/100 g。而本試驗結果則以 K 含量較高，依序爲 P、Ca、Mg。所以甘藷礦物質含量不只因品種不同而有所差異，也會受到地理環境之影響。

現今食用甘藷主要是因爲能增進健康和加強營養素的攝食，在人類生長過程中，細胞會受到氧自由基存在而破壞，因而氧自由基被認爲是致癌因子之一 (Dreher & junod 1996)。攝食天然抗氧化物，如類胡蘿蔔素、多酚類…等，能抵抗減少氧自由基之傷害，因爲抗氧化物會清除自由基和消除單重態氧 (Scheibmeir *et al.* 2005)。甘薯中含有許多的生化活性成分，包括酚類化合物及類胡蘿蔔素。在許多國家，甘薯

的根及葉均可做爲食物來源 (Nwinyi 1992)。與酚酸相似，花青素具有清除自由基的能力，花青素爲水溶性色素且能賦予水果及蔬菜紅色、紫色及藍色。紫色甘薯中含有八種類型的花青素，這些類型可區分爲主要的兩群：peonidin anthocyanins 及 cyanidin anthocyanins。紫色甘藷中所有類型的花青素均有一個共通的特性，即爲與至少一個 caffeoyl 基團結合，因此具有很好的自由基清除能力。日本研究指出甘藷的葉爲豐富酚類化合物的來源 (14.2–171 g chlorogenic acid equivalents/kg dry matter)。花青素爲酚類化合物，廣泛存在水果及蔬菜中。紫色甘藷高含量的花青素色素賦予其特殊的顏色。日本紫色甘藷品種中，Yamagawamurasaki (YGM) 及山川紫已經被使用作爲天然的食品呈色劑 (Yoshinaga *et al*. 1995)。最進研究指出不同顏色甘藷 (白、黃、橘色、紫色)，具有清除自由基和抗氧化能力，而以紫色甘藷抗氧化能力最高 (Furuta *et al*. 1998; Suda *et al*. 2003)，本試驗結果之兩種紫色甘藷品種清水紫和山川紫之總酚含量和花青素含量最高，相對的清除 DPPH 自由基能力及 ORAC 抗氧化能力較其他顏色品種甘藷高。另有研究指出紫色甘藷品種之抗氧化活性高於藍莓 3.4 倍，且紫色甘藷之花青素和多元酚含量皆高於其他品種，所以攝取甘藷有助於清除體內自由基及減少致癌物之生成。

紫色甘藷因含有高量的醯化花青素，因此，比一些較低程度醯化的花青素穩定，像是在草莓、覆盆子、蘋果及黑豆中都是醯化程度較低的花青素 (Hayashi *et al*. 1996)。 在影響花青素穩定的因子很多，但 pH 值是影響花青素穩定性的最重要因素，在酸性的情況下，花青素更穩定。因此，常被應用於碳酸飲品中，使其能得到穩定的化學結構。Prior 等 (2005) 評估 28 種常食用之食品包括水果、蔬菜、核果、乾燥水果、甘藷及麥麩等。結果顯示所有水果及蔬菜中脂溶性抗氧化活性均非常低，少於總抗氧化活性之 5%。一般來說，大部分水果及蔬菜中，水溶性部分抗氧化活性遠高於脂溶性部分，所以利用熱水萃取甘藷中水溶性機能性成分，是一種便利且不會造成溶劑污染的方法。

本研究探討不同甘藷品種熱水萃取液之抗氧化能力，由上述結果可得知熱水蒸煮甘藷並能萃取水溶性機能性成分，如多酚類、花青素…等，因而民眾可利用一般蒸煮方式處理甘藷，除了可簡單品嘗甘藷之美味，更能攝取花青素、多元酚…等具有抗氧化能力之機能性成分。甘藷除了提供人體營養外，更能減低糧食供給的不穩定性，未來在全球糧食的需求上可減少對米等其他穀類之不足，尤其在發展中國家更具有潛力。所以本試驗結果可作爲未來甘藷加工之參考，利用其熱水萃取物中所富含之機能性成分，開發新型態之加工產品增加其利用性，進而提高甘藷之附加價值。

引用文獻 (Literature cited)

Association of official analytical chemists (AOAC) 1984. Official Methods of Analysis, 14 th ed. The Association: Arlington. USA 1141 pp.

Chung, Y. C., S. J. Chen, C. K. Hsu, C. T. Chang, and S. T. Chou. 2005. Studies on the antioxidative activity of Graptopetalum paraguayense E. Walther. Food Chem. 91:419–424.

Dreher, D. and A. F. Junod. 1996. Role of oxygen free radicals in cancer development. Eur. J. Cancer. 32A:30–38.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Rebers, and F. Smith. 1979. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350–356.

Furuta, S., I. Suda, Y. Nishiba, and O. Yamakawa. 1998. High tert-butylperoxyl radical scavenging activities of sweetpotato cultivars with purple flesh. Food Sci. Technol. Int. Tokyo 29:33–35.

Hayashi, K., N. Ohara, and A. Tsukui. 1996. Stability of anthocyanins in various vegetables and fruits. Food Sci. Technol. Int. Tokyo. 2:30–33.

Huang, Y. C., Y. H. Chang, and Y. Y. Shao. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. Food Chem. 98:529–538.

Lai, Y. C. 2005. Sweet Potato. Crop Edition-1. p.57–68. *in*: Taiwan Agriculture Encyclopedia. Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei. (in Chinese)

Makki, H. M., A. Y. Adbel-Rahman, M. K. M. Khalil, and M. S. Mohamed. 1986. Chemical composition of Egyptian sweet potato. Food Chem. 20:39–44.

Nwinyi, S. C. O. 1992. Effect of age at shoot removal on tuber and shoot yields at harvest of five sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] cultivars. Field Crop Res. 29:47–54.

Olaofe, O. and C. O. Sanni. 1988. Mineral contents of agricultural products. Food Chem. 30:73–77.

Ou, B., M. Hampsch-Woodill, and R. L. Prior. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent as probe. J. Agric. Food Chem. 49:4619–4626.

Prior, R. L., X. Wu, and K. Schaich. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplement. J. Agric. Food Chem. 53:4290–4302.

Scheibmer, H. D., K. Christensen, S. H. Whitaker, J. Jegaethesan, R. Clancy, and J. D. Pierce. 2005. A review of free radicals and antioxidants for critical care nurses. Intensive Crypt Care Nurs. 21:24–28.

Suda, I., T. Oki, M. Masuda, M. Kobayashi, Y. Nishiba, and S. Furuta. 2003. Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in food. Jpn. Agric. Res. Quarterly. 37(3):167–173.

Teow, C. C., V. D. Truong, R. F. McFeeters, R. L. Thompson, K. V. Pecota, and G. C. Yencho. 2007. Antioxidant activites, phenolic and β-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chem. 103:829–838.

Walter, W. M., W. W. Collins, and A. E. Parcell. 1984. Sweet potato protein: A review. J. Agric. Food Chem. 32: 695–699.

Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. J. Agric. Food Chem. 44:701–705.

Yamaguchi, T., H. Takamura, T. Matoba, and J. Terao. 1998. HPLC method for evaluation of free radical-scavenging activity of foods by using 1,1,-diphenyl-2-picrylhydrazyl. Biotechnol. Biochem. 62:1201–1204.

Yoshinaga, M. 1995. New cultivar "Ayamurasaki" for colorant production. Sweet Potato Res. Front 1:2.

Studies on Antioxidant Capacity of Hot Water Extracted from Different Sweet Potato Varieties [1]

Tsung-Yen Wu[2], Hsin-Chen Lee[3], Tsai-Hsin Chiu[4],

and Shwu-Jene Tsai[2,5]

Abstract

Wu, T. Y., H. C. Lee, T. H. Chiu, and S. J. Tsai. 2009. Studies on antioxidant capacity of hot water extracted from different sweet potato varieties. J. Taiwan Agric. Res. 58:7–16.

A study was conducted to compare physicochemical properties and antioxidant activities of 13 varieties sweet potato (*Ipomoea batatas*) grown in Taiwan, including nine Tainung varieties (No. 57, No. 64, No. 66, No. 68, No. 69, No. 70, No. 71, No. 72, and No. 73) and four others (Taoyuan No. 1, Satsumahikari, Chingshey purple, and Ayamurasaki). Hot water extracts from root tissues of each variety were used to determine total phenolic content, total anthocyanin content, DPPH (1,1-diphenyl-2-pricrylhydrazyl) and ORAC (oxygen radical absorbance capacity). Results showed that total phenolic contents in Ayamurasaki (500.99 mg/100 g gallic acid, dry weight) and Chingshey purple (454.67 mg/100 g gallic acid; dw) were significantly ($p < 0.05$) higher than other varieties. The DPPH scavenging ability was the highest in Chingshry purple (26.15 ± 1.84 μmol/ g Trolox equivalents; dw), followed by Ayamurasaki (21.90 ± 1.28 μmol/g Trolox equivalents; dw). The values of ORAC in Ayamurasaki (129.42 ± 0.44 μmol/g Trolox equivalents; dw) and Chingshey purple (112.03 ± 0.86 μmol/g Trolox equivalents; dw) were higher than other eleven sweet potato varieties tested. This study reveals that Chingshey purple and Ayamurasaki are two of the sweet potato varieties with potential for functional-food industry because of the high total phenolic contents, total anthocyanin contents, and antioxidant activities.

Key words: Sweet potato, *Ipomoea batatas*, Antioxidant activity, Hot water extraction.

---

1. Contribution No.2342 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 4, 2008.
2. Respectively, Contract Employee, Associate Researcher, Agriculture Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Chiayi Agriculture Experiment Branch, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Assistant Professor, Department of Food Science, National Penghu University, Penghu, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: sjtsai@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):17–30 (2009)

進口米之害蟲與害蟎種類調查及監測 [1]

姚美吉[2] 李啟陽[2] 路光暉[3,4]

摘　　要

姚美吉、李啓陽、路光暉。2009。進口米之害蟲與害蟎種類調查及監測。台灣農業研究 58:17–30。

因應加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 後，台灣自 2002 年開始進口稻米及長期貯藏，進口時害蟲檢疫及進倉後害蟲防疫為貯藏管理兩個重要關鍵。為瞭解進口米之害蟲為害狀況，本研究自 2003 至 2006 年止，針對每一批米進行害蟲檢疫調查，並於部分倉庫進行長期害蟲監測。害蟲檢疫上，共調查 117 個樣品，樣品中含活蟲之比例達 12%，檢出之害蟲並無法定公告之檢疫害蟲，主要種類為米象 (*Sitophilus oryzae*)。貯藏階段之害蟲監測，發現 11 種害蟲及 1 種害蟎。在常溫倉中，害蟲於貯藏 13 週後即開始發生，害蟲發生密度平均低於每公斤糙米含 10 隻以下。貯藏 26 週後，害蟲則普遍大量發生，密度均高於每公斤 35 隻以上。主要害蟲種類為米象、擬穀盜 (*Tribolium castaneum*)、背圓粉扁蟲 (*Ahasverus advena*)、角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes pusillus*)、粉斑螟蛾 (*Cadra cautella*)、茶蛀蟲 (*Liposcelis divinatorius*) 及腐食酪蟎 (*Tyrophagus putrescentiae*)。低溫倉貯藏，害蟲發生明顯降低，延後於貯藏 26 週後才開始發生，主要害蟲為米象及腐食酪蟎。低溫倉常因壓縮機損壞導致溫濕度失控，而使害蟲大量發生，害蟲密度甚至超過常溫倉。不論低溫或常溫倉，在害蟲發生時均以磷化鋁 (Aluminum phosphide) 燻蒸方式處理，效果良好。貯藏倉庫之害蟲監測，自 2005 年起，於每月月初提供害蟲調查月報表給倉庫管理單位，供防治時機之參考依據，已使常溫及低溫倉中之害蟲發生量均有降低趨勢。若能持續落實害蟲檢疫及害蟲監測，將能有效降低害蟲發生及進口米之危害損失。

關鍵詞：進口米、檢疫害蟲、米象、粉斑螟蛾、腐食酪蟎。

前　　言

稻米是我國最主要的民生主食，貯藏方式主要以含穎殼稻穀形式貯藏，僅有少部分當季食用米或外銷米才以糙米方式貯藏。因稻穀脫殼後失去穎殼保護，較容易導致害蟲侵入及大量繁殖 (Ryoo & Cho 1992)。以往調查結果顯示，糙米貯藏最主要發生的害蟲為米象 [*Sitophilus oryzae* (L.)]，其次為外米綴蛾 [*Corcyra cephalonica* (Stainton)] (Hung & Hwang 1992)。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2343 號。接受日期：97 年 12 月 19 日。
2. 本所應用動物組 助理研究員與助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 國立中興大學昆蟲學系 教授。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：khlu@dragon.nchu.edu.tw；傳真機：(04)22853170。

自 2002 年起我國加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 後，稻米政策調整為局部開放進口，進口比率佔全國總消費量之 8%，數量約為 14.4 萬噸，其中 65%由政府負責貯藏，以調節民生用糧之供需。進口米陸續進口後，檢疫害蟲是否會隨之侵入台灣？再者，進口米貯藏期間之害蟲發生情形與對本土之稻穀貯藏是否造成影響？此等問題均需要調查及評估。

以往稻穀貯藏主要以常溫倉貯藏，害蟲常隨貯藏期及溫度的升高而快速增加，導致嚴重損失 (Yao & Lo 1992)。因此，農糧署針對進口米之貯藏，大部分以常溫倉貯藏外，在部分倉庫亦加裝冷藏設備，除可延長貯藏時間及降低害蟲危害，亦可評估低溫貯藏進口米之經濟效益。

於 2002 年 8 月第一批進口米進口後，分別貯藏於桃園冷藏倉及南投市農會常溫倉，於貯藏 13 週後，南投市農會倉庫即發現嚴重蟲害，經鑑定害蟲為粉斑螟蛾 [*Cadra cautella* (Walker)]，其他貯藏倉庫 (包含冷藏倉) 亦陸續發生蟲害問題。進口米在貯藏期間害蟲發生的實際原因，是源於本地倉庫害蟲侵入或是進口米中帶有國外蟲源亟待釐清。因此自 2003 年起，與農糧署配合開始對每一批進口米進行檢疫害蟲調查，並對部分常溫倉及冷藏倉進行定期害蟲監測。藉由監測結果提供農糧署進行適時的防治處理，以降低貯藏期間之害蟲危害損失。

材料與方法

進口米之貯藏倉庫

2003 年配合農糧署各區分署後送之樣品，共監測 15 處倉庫，包含 14 處常溫及 1 處低溫倉，分別為三義鯉魚倉庫、鹿港農會倉庫、南投市農會倉庫、六甲農會倉庫、觀音農會倉庫、仁武政府倉、莿桐農會倉庫、隆田常溫倉、新屋社子倉庫、和美農會倉庫、宜蘭政府倉、新屋大坡倉庫、屏東市農會倉庫、楊梅農會倉庫及桃園冷藏倉。

2004 年共監測 25 處倉庫，包含 24 處常溫及 1 處低溫倉，分別為後龍東明倉庫、頭屋農會倉庫、樹林政府倉、八德農會倉庫、桃園市農會倉庫、三義鯉魚倉庫、竹南大埔倉庫、溪湖農會倉庫、通宵農會倉庫、西港農會倉庫、義竹農會倉庫、隆田常溫倉、觀音農會倉庫、新屋社子倉庫、苑裡青埔倉庫、六甲農會倉庫、路竹農會倉庫、田中倉庫、南投市農會倉庫、屏東縣農會倉庫、銅鑼農會倉庫、湖口農會倉庫、後壁農會倉庫、花壇政府倉及桃園冷藏倉。

2005 年共監測 25 處倉庫，包含 23 處常溫及 2 處低溫倉，分別為觀音農會倉庫、花壇政府倉、莿桐農會倉庫、縣農會斗南倉庫、林內農會倉庫、六甲農會倉庫、屏東市農會倉庫、屏東縣農會倉庫、隆田常溫倉、大園和平倉庫、頭屋農會倉庫、樹林政府倉、中壢大崙倉庫、大溪埔頂倉庫、湖口農會倉庫、三義鯉魚倉庫、竹南大埔倉庫、後龍東明倉庫、銅鑼農會倉庫、日南政府倉、西港農會倉庫、義竹農會倉庫、新屋社子倉庫 及桃園冷藏倉、仁武冷藏倉。

2006 年共監測 23 處倉庫，包含 21 處常溫及 2 處低溫倉，分別為苑裡青埔倉庫、八德農會倉庫、新豐倉庫、桃園市農會倉庫、通宵農會倉庫、新屋社子倉庫、南投市農會倉庫、平鎮南勢倉庫、花壇政府倉、楊梅農會倉庫、後龍東明倉庫、銅鑼農會倉庫、觀音農會倉庫、桃園市農會倉庫、埔心倉庫、溪湖農會倉庫、大安海墘倉庫、鹿港農會倉庫、和美農會倉庫、六甲農會倉庫、路竹農會倉庫及桃園冷藏倉、仁武冷藏倉。

進口米之檢疫害蟲調查

進口米進口後，在貯藏倉卸貨前由農糧署檢驗人員配合公證公司於進口米袋中以分節式取樣管隨機取樣，每樣品 1 kg，重複 3 次。記錄進口米之出口地點、品種等資料，再將取樣

之樣品寄送至農業試驗所積穀害蟲研究室 (以下簡稱本研究室)，進行害蟲種類鑑定、數量計算並做成標本保存。當月調查樣品在移除害蟲後，將同批樣品包裝於同一玻璃皿中標誌記錄後置於恆溫箱中，經 4 週後再調查害蟲種類及數目 1 次。

進口米之害蟲監測

進口米進倉後之前 13 週貯藏期間，每 4 週由農糧署檢驗人員負責以分節式取樣管隨機取樣，每樣品 500 g，重複 3 次。樣品寄送至本研究室後，進行害蟲發生種類及數量之調查。貯藏 13 週後，取樣時間縮短為每兩週取樣 1 次，持續至進口米出倉為止。

進口米之害蟲燻蒸效果評估

自 2004 年起，配合進口米貯藏倉之燻蒸作業，先將米象成蟲 30 隻與糙米約 100 g 一同放置於棉布內，再以橡皮筋綁住形成處理包袋後，將處理包袋於燻蒸前放置在倉庫不同部位，包含棧板上、太空包袋之中層及太空包袋上層袋內 30 cm 深處，每倉放置 6 個不同位置。燻蒸期約 7 至 10 天，於燻蒸後經開倉通風 1 天，再將包埋袋取出，帶回本研究室檢查害蟲死亡率。移除檢驗出之害蟲後，再將糙米放置於恆溫箱中 (30 ± 2℃, RH 75 ± 10%)，經 4 週後再調查害蟲種類與數目 1 次。對照組則相同害蟲處理，唯僅將之放置於當地貯倉辦公室內，未經燻蒸處理。

統計分析

各種害蟲之數量比較，係以最小顯著差異法 (Fisher’s Least Significant Difference, LSD) 進行統計分析，相互比較，顯著水準為 5%。

結　　果

進口米之貯藏現況及分析

政府自 2002 年後從國外進口稻米貯藏於常溫倉及低溫倉之資料如表 1，進口國包含美國、澳大利亞、泰國與埃及等四國，2005 年總進口量最高，共 96,318 t，2006 年最少為 55,844 t。其中以美國之進口量最多，佔進口總量之 74–86%。進口米類型包含糙米及白米，以糙米為最大宗，約佔總量之 93%。進口米之品種，從美國、澳大利亞與埃及進口主要為稉稻品種，而從泰國進口主要為秈稻品種。進口後之貯藏方式主要為常溫與低溫兩方式，其中以常溫倉的貯藏數量較多，約佔總量之 61–87%。

進口米之檢疫害蟲調查

針對國外進口米自 2003 年開始進行檢疫監測，主要對象為大穀蠹 (*Prostephanus truncates* Horn)、穀象 (*Sitophilus granaries* L.) 及小紅鰹節蟲 (*Trogoderma granarium* Everts) 等法定檢疫害蟲。2003–2006 年之調查結果如表 2，檢查樣品數共 117 個，均未調查到上述法定檢疫害蟲，但發現活蟲之樣品數達 14 個，約佔總樣品數之 12.0%。每年之調查樣品數為 24–39 個，每年發現活蟲之樣品數為 2–5 個，佔樣品數之 7.7–16.7%。調查到的害蟲共 7 種，分別為米象、穀蠹 [*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)]、擬穀盜 [*Tribolium castaneum* (Herbst)]、鋸胸粉扁蟲 [*Oryzaephilus surinamensis* (L.)]、角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes pusillus* Schonherr)、背圓粉扁蟲 [*Ahasverus advena* (Waltl)] 及粉斑螟蛾，其中以米象最常被檢測到。

進口米之害蟲監測

自 2003 年起，本研究主要以美國進口糙米常溫倉進行害蟲發生監測，糙米進倉貯藏後 13、26 及 39 週之害蟲發生種類及數量比較如表 3，共有 10 種害蟲及 1 種害蟎。除前項檢疫調查發現之 7 種害蟲外，尚發現麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier)、外米綴蛾、茶蛀蟲 (*Liposcelis divinatorius* Müller) 及腐食酪蟎 [*Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)] 共 4 種。

2003 年長期監測 13 處常溫倉，發現糙米在貯藏 13 週後，以擬穀盜發生最多，每公斤樣品平均含 4.7 隻，與其他害蟲有顯著差異，茶蛀蟲其次 (3.1 隻)。貯藏 26 週後，腐食酪蟎發生

表 1. 2002–2006 進口米之來源國及貯藏倉庫環境統計表

Table 1. Amount and storage conditions of rice imported to Taiwan from four countries during 2002-2006

		Amount of imported rice (t)							
		USA[z]		Australia		Thailand [y]		Egypt	
Years	Stored bin [x]	Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice
2002	Low temp. warehouse	23379	0	11481	0	0	0	0	0
	Room temp. warehouse	46594	0	12509	0	0	0	0	0
	Total	69973	0	23990	0	0	0	0	0
2003	Low temp. warehouse	21699	0	0	0	2000	0	0	0
	Room temp. warehouse	48363	0	7999	0	4000	0	10005	0
	Total	70062	0	7999	0	6000	0	10005	0
2004	Low temp. warehouse	3297	1790	0	0	1700	6063	0	0
	Room temp. warehouse	72471	0	10000	0	850	147	0	0
	Total	75768	1790	10000	0	2550	6210	0	0
2005	Low temp. warehouse	24106	1508	2399	0	3000	3008	0	0
	Room temp. warehouse	49207	0	0	0	4218	0	0	0
	Total	73313	1508	2399	0	7218	3008	0	0
2006	Low temp. warehouse	0	3975	0	0	0	8899	0	1971
	Room temp. warehouse	40000	0	0	0	0	1000	0	0
	Total	40000	3975	0	0	0	9899	0	1971

[z] Rice variety imported from USA, Australia, and Egypt: japonica rice.
[y] Rice variety imported from Thailand: indica rice.
[x] Low temperature: 15–18℃; Room temperature: 18–34℃.

表 2. 2003–2006 進口米之檢疫樣品害蟲調查表

Table 2. Survey of insect pests in rice imported during 2003–2006

Years	No. of inspections	No. of pest occurrence	Pest occurrence (%)	No. of pest species	Species names
2003	24	2	8.3	3	*Cryptolestes pusillus*
					Oryzaephilus surinamensis
					Cadra cautella
2004	30	5	16.7	3	*Sitophilus oryzae*
					Rhyzopertha dominica
					Tribolium castaneum
2005	24	4	16.7	3	*Sitophilus oryzae*
					Rhyzopertha dominica
					Oryzaephilus surinamensis
2006	39	3	7.7	3	*Sitophilus oryzae*
					Tribolium castaneum
					Ahasverus advena

最多 (335 隻)，與其他害蟲有顯著差異，其次爲粉斑螟蛾 (17 隻)。貯藏 39 週後，仍以腐食酪蟎最多 (434 隻)，鋸胸粉扁蟲其次 (21.1 隻)。2004 年監測 21 處，貯藏 13 週後以茶蛀蟲發生最多 (2.9 隻)，米象次之 (2.2 隻)。貯藏 13、26 及 39 週後均以茶蛀蟲最多，而腐食酪蟎、米象次之。2005 年監測 21 處，貯藏 13 週後以穀蠹最多 (1.7 隻)，粉斑螟蛾其次 (1 隻)，但害蟲間並無顯著差異。貯藏 26 週後，以背圓粉扁蟲及角胸粉扁蟲最多 (6.7 隻)，以擬穀盜其次 (6 隻)。貯藏 39 週後，米象則大量發生，達每公斤內含 30.3 隻，與其他害蟲有顯著差異，角胸粉扁蟲其次 (18.3 隻)。2006 年監測 21 處，貯藏 13 週後以粉斑螟蛾最多 (1.2 隻)，

表 3. 2003–2006 從美國進口糙米在常溫倉貯藏後害蟲發生量

Table 3. Survey of pests in brown rice imported from USA during 2003–2006 after storing at room temperature warehouses for 26, 39 and 52 weeks

	No. of insects/kg rice					
	2003			2004		
Species of pests	13	26	39	13	26	39
Sitophilus oryzae	0.2 b [z]	3.8 b	8.1 b	2.2 ab	8.3 abc	20.9 ab
Rhyzopertha dominica	0.9 b	0.9 b	2.3 b	0.5 b	1.1 bc	3.3 c
Tribolium castaneum	4.7 a	3.6 b	7.0 b	0.3 b	1.8 bc	8.7 bc
Ahasverus advena	0.6 b	2.9 b	11.2 b	0.4 b	2.6 bc	9.9 abc
Cryptolestes pusillus	0.2 b	0.5 b	3.1 b	1.0 ab	1.8 bc	12.0 abc
Oryzaephilus surinamensis	0 b	15.7 b	21.1 b	0.1 b	1.9 bc	2.7 c
Cadra cautella	0 b	17.0 b	12.5 b	1.1 ab	9.9 ab	13.3 abc
Sitotroga cerealella	0 b	0 b	0 b	0 b	0.2 c	1.4 c
Corcyra cephalonica	0 b	0.1 b	0 b	0 b	0.1 c	0 c
Liposcelis divinatorius	3.1 ab	0.8 b	0.6 b	2.9 a	13.6 a	25.4 a
Tyrophagus putrescentiae	0 b	335.0 a	434.0 a	0 b	12.1 a	20.0 ab

	No. of insects/kg rice					
	2005			2006		
Species of pests	13	26	39	13	26	39
Sitophilus oryzae	0.6 a	3.3 abc	30.3 a	0.4 abc	3.7 ab	11.8 ab
Rhyzopertha dominica	1.7 a	1.9 abc	4.4 bcd	0.6 abc	3.0 ab	4.6 abc
Tribolium castaneum	0.7 a	6.0 ab	2.6 cd	0.3 bc	1.8 ab	2.6 bc
Ahasverus advena	0 a	6.7 a	14.8 bc	0.4 abc	7.1 a	14.7 a
Cryptolestes pusillus	0.6 a	6.7 a	18.3 ab	0.1 bc	4.6 ab	9.9 abc
Oryzaephilus surinamensis	0.6 a	1.3 bc	3.7 bcd	0.3 abc	2.4 ab	4.9 abc
Cadra cautella	1.0 a	1.8 abc	2.8 cd	1.2 a	6.4 a	11.9 ab
Sitotroga cerealella	0 a	0 c	0.3 cd	0.1 bc	5.3 ab	6.5 abc
Corcyra cephalonica	0 a	0 c	0 d	0 c	0 b	0 c
Liposcelis divinatorius	0 a	3.3 abc	8.6 bcd	1.0 ab	2.5 ab	6.5 abc
Tyrophagus putrescentiae	0.5 a	5.0 abc	10.0 bcd	0 c	0 b	2.5 bc

[z] Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Fisher's least significant difference test.

茶蛀蟲其次 (1 隻)。貯藏 26 週後以背圓粉扁蟲最多 (7.1 隻)，以粉斑螟蛾其次 (6.4 隻)。貯藏 39 週後以背圓粉扁蟲最多 (14.7 隻)，以粉斑螟蛾次之 (11.9 隻)。

從另外 3 個國家，澳大利亞、泰國與埃及，進口糙米數量較少，監測的貯藏倉數亦遠低於從美國進口米，故未在此顯示記錄數據；但所得資料大致可看出，在 2003 年監測從澳大利亞進口之糙米貯藏倉 1 處，害蟲相僅米象、粉斑螟蛾、茶蛀蟲及背圓粉扁蟲等 4 種，其中以米象及粉斑螟蛾發生較嚴重。2004 年監測澳大利亞進口糙米貯藏倉 3 處，害蟲相完全與 2003 年相同，但發生以米象及穀蠹較嚴重。2005 年監測泰國進口糙米貯藏倉 2 處，共發現 5 種害蟲，分別爲米象、穀蠹、背圓粉扁蟲、角胸粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲。其中以背圓粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲數量較多。2006 年監測 1 倉泰國進口白米，僅發現角胸粉扁蟲 1 種，貯藏 6 個月後害蟲僅 6.6 隻。

稻米於低溫倉貯藏後 13 週後，並無害蟲發生，貯藏 36、39 及 52 週後之害蟲發生種類及數量如表 4，共有 7 種害蟲及 1 種害蟎。害蟲種類除增加縮頸姬薪蟲 [*Cartodere constricta* (Gyllenhal)] 外，均與常溫倉相同。低溫倉在 2003 年僅監測 1 處，兩批號之進口米，且因僅 2 種害蟲發生，因此害蟲數並未進行統計分析；貯藏 36、39 及 52 週後均以腐食酪蟎發生最多，米象次之。2004 年亦僅監測 1 處，僅米象發生危害，且在貯藏 52 週後，因壓縮機損壞導致溫濕度失控，而使米象大量發生甚至超過常溫倉，蟲口密度達每公斤 237 隻。在 2005 年監測 2 處，害蟲種類增加至 7 種，但因貯藏時溫濕度控管有明顯改善，因此害蟲數均未大量發生，仍以米象發生最多，在貯藏 52 週後，在仁武低溫倉發現新記錄種縮頸姬薪蟲之危害。在 2006 年監測 2 處，貯藏 26 及 39 週後均無害蟲發生危害，且調查倉庫在貯藏 52 週前均已清倉，故無調查資料。

表 4. 2003–2006 從美國進口糙米在低溫倉貯藏後害蟲發生量

Table 4. Survey of pests in brown rice imported from USA during 2003–2006 after storing at low temperature for 26, 39 and 52 weeks

	No. of insects/kg rice					
	2003			2004		
Species of pests	26	39	52	26	39	52
Sitophilus oryzae	0	6.3	22.0	0	6.0	237.0
Tyrophagus putrescentiae	27.5	36.7	83.3	0	0	0

	No. of insects/kg rice					
	2005			2006		
Species of pests	26	39	52	26	39	52
Sitophilus oryzae	1.2	11.2	15.0	0	0	- [z]
Rhyzopertha dominica	0.3	0	0	0	0	-
Tribolium castaneum	0.3	0	0	0	0	-
Cryptolestes pusillus	0.6	0	1.3	0	0	-
Oryzaephilus surinamensis	0.1	0	0	0	0	-
Liposcelis divinatorius	0	0.8	0	0	0	-
Tyrophagus putrescentiae	0	0	0	0	0	-
Cartodere constricta	0	0	0.8	0	0	-

[z] Data not available; the imported brown rice was sold out before survey.

爲比較同一批號進口之進口米，分別貯藏常溫倉與低溫倉之害蟲密度消長，因此選擇於 2004 年 6 月中旬至 7 月上旬，從美國進口之糙米，分別貯藏於鹿港、後龍常溫倉及桃園低溫倉等 3 倉庫，進行長期害蟲密度消長監測結果如圖 1。其中，鹿港常溫倉於貯藏約 17 週後開始有害蟲危害，主要害蟲包含米象、擬穀盜及角胸粉扁蟲；貯藏約 58 週後，因害蟲總數達每公斤含 45 隻，遂於 1 週內開始進行磷化鋁燻蒸處理，約 62 週後再調查未發現活蟲。後龍常溫倉於貯藏約 9 週後開始有害蟲危害，主要害蟲包含米象、穀蠹、鋸胸粉扁蟲及角胸粉扁蟲；貯藏約 59 週後，因害蟲數達每公斤含 124 隻害蟲，隨後進行燻蒸處理，燻蒸後再調查未發現活蟲。桃園低溫倉因稻米貯藏於低溫，害蟲發生延至貯藏 44 週後才開始危害，害蟲僅有米象；後因該倉庫之壓縮機損壞，使原先控管之溫、濕度 18℃，RH 70%上升至約 30℃，RH 90%，而導致米象大量發生甚至超過常溫倉，貯藏約 55 週後每公斤糙米含 420 隻米象；隨後進行燻蒸處理，燻蒸後未發現活蟲。

進口米之害蟲燻蒸效果評估

自 2004 年起配合進口米貯藏倉之燻蒸作業，包埋米象成蟲包袋於燻蒸倉內，經開倉通風後 1 天取出包埋袋，檢查米象成蟲的死亡率並分析進行燻蒸處理前倉庫貯藏期如表 5。由燻蒸後調查結果顯示，包埋之米象成蟲均完全死亡。在 2004 年 9 間燻蒸倉庫中，燻蒸前平均貯藏期爲 68 週，最快燻蒸倉庫在貯藏 35 週後進行燻蒸，最長爲貯藏 86 週後才進行燻蒸。在 2005 年 16 間燻蒸倉庫中，燻蒸前平均貯藏期爲 46 週，最快燻蒸爲貯藏 30 週後，最長爲貯藏 82 週。在 2006 年 19 間燻蒸倉庫中，燻蒸前平均貯藏期爲 52 週，最快燻蒸爲貯藏 30 週後，最長爲貯藏 69 週。

討　論

穀物從國外進口，最大隱憂是檢疫害蟲侵入，現階段糙米及白米之進口數量每年均在 15 萬噸以下，遠低於玉米、大豆及小麥等雜糧類，每年進口量約在 9000,000 t (COA 2007)。上述雜糧進口後，主要供作飼料加工用，貯藏時間常不超過 3 個月，而進口之糙米及白米等貯藏期經常超過 1 年以上，因此檢疫害蟲侵入及立足的問題更顯重要。在我國之輸入植物或植物產品檢疫規定中列有小紅鰹節蟲、穀象、大穀蠹、澳洲紅鈴蟲 [*Pectinophora scutigera* (Holdaway)]、眉豆象 [*Callosobruchus analis* (Fabricious)]、菜豆象 [*Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal)]、豌豆象 [*Bruchus pisorum* (L.)] 及蠶豆象 (*Bruchus rufimanus* Boheman) 等 8 種檢疫積穀害蟲；自 2003 年起連續幾年之害蟲調查結果，尙未發現上述檢疫害蟲，但由本研究調查結果中，樣品含活蟲之比率高達 12%，顯示外來害蟲藉由進口稻米侵入本地穀倉的機率極高。未來針對穀物檢疫害蟲之監測，更需建立完整檢疫流程，始可完全防範檢疫害蟲侵入及立足。

針對檢疫害蟲之小紅鰹節蟲，最早曾在 1970 年在零星之進口小麥中發現 (Lin 1971)，在 1982 年則逐漸在中部地區稻穀倉蔓延危害 (Lin & Li 1983)，此蟲因幼蟲期耐飢能力可長達 1 年以上，因此成爲各國嚴防之檢疫害蟲。但在往後 20 多年，多次稻穀倉或糙米倉之害蟲相調查，卻都未發現此蟲 (Hung & Hwang 1992; Yao & Lo 1992)，因此應留意此蟲再度侵入危害。

針對進口米貯藏後之害蟲發生長期監測，鞘翅目害蟲主要以米象、穀蠹、擬穀盜、角胸粉扁蟲及背圓粉扁蟲發生最普遍，其中又以米象發生最嚴重。在國內以往糙米倉庫之害蟲調查，結果亦以米象比率最高 (Hung & Hwang

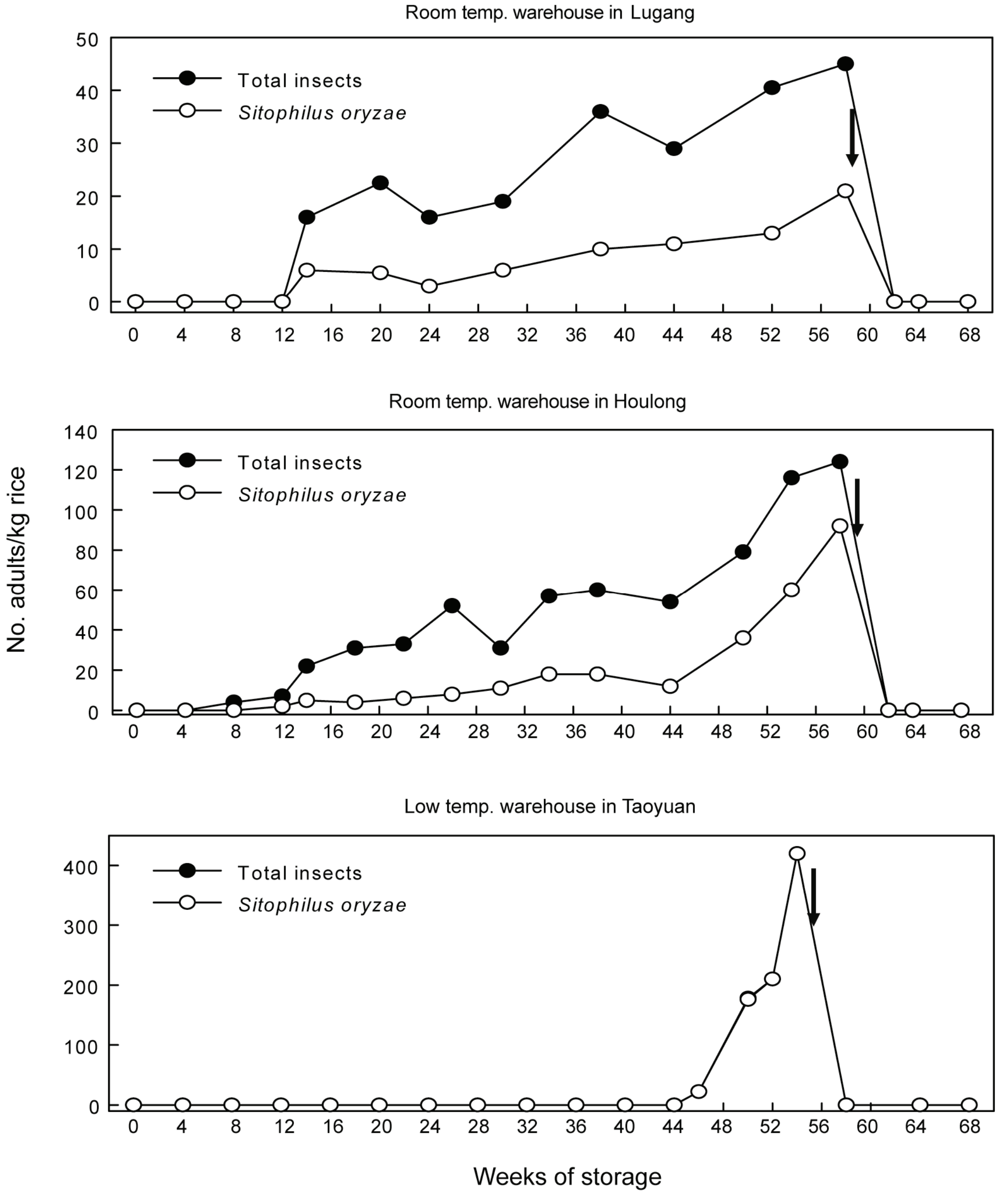

圖 1. 2004 年從美國同批號進口糙米貯藏於 3 個倉庫之害蟲密度消長 (●：所有害蟲；○：米象；箭頭所示處爲燻蒸處理時間)。

Fig 1. Population fluctuations of insect pests in the same batch of brown rice imported from the USA in 2004 and stored in three warehouses. (●: Total number of insects/kg rice; ○: Number of *Sitophilus oryzae*/kg rice; The arrow in each figure indicates the time of fumigation).

表 5. 2004–2006 進口米燻蒸處理之米象死亡率及貯藏期統計表

Table 5. Effect of fumigation on control of rice weevil in rice imported and storage weeks at the time of fumigated control during 2004–2006

Years	No. of storage bins fumigated	Mean insect mortality (%)	Mean storage weeks before fumigation (range)
2004	9	100	68 (35–86)
2005	16	100	46 (30–82)
2006	19	100	52 (30–69)

1992)。米象之內在增殖力高 (達 rm = 0.564) 且危害能力甚強 (Hsieh *et al*. 1980)，因此當發生嚴重時，常造成貯藏糙米嚴重損失，在監測過程需特別留意此害蟲之密度發展。在許多進口米貯藏倉，原為食鹽、肥料倉所改裝或獨立空倉，這些倉庫在貯藏進口米後，同樣於 3 個月後陸續發生米象危害，發生狀況常呈點狀局部發生，再向其周邊擴散導致大發生。部分發生倉庫如桃園冷藏倉周遭並無其他稻穀倉，僅單純貯藏進口米，因此推測發生米象的蟲源極可能從境外移入。因在型態上並無法區隔，未來將在生理及分生鑑定上進一步探討，以確定其真正來源。另角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲及背圓粉扁蟲在以往發生並不普遍，而在此次監測過程，部分倉庫亦產生嚴重危害。可能原因為以往糙米都僅短暫貯藏少於 13 週，這類害蟲屬次級害蟲，並需藉由主要害蟲危害後所產生碎屑，以提供其繁殖的空間，因時間短而使其無法大量發生。而進口米貯藏少則 26 週，多則 2 年以上，當貯藏倉庫有主要害蟲蟲源時，則提供次級害蟲大量繁殖的契機。且在剛進口之檢疫樣品中亦發現過此 3 種蟲，因此推測部分倉庫角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲及背圓粉扁蟲之蟲源，亦可能屬境外移入。

在鱗翅目害蟲則以粉斑螟蛾發生最普遍及嚴重，以往在糙米倉庫調查發生較嚴重之外米綴蛾及麥蛾 (Kao & Tzeng 1992)，反而數量不多且不普遍。粉斑螟蛾對穀物之危害亦較其他鱗翅目害蟲嚴重且寄主更廣 (Lin 1972)，其幼蟲喜愛嚙食穀粒之胚芽部或表皮，在穀物表面吐絲結繭藏於其中，日久因所排糞便，造成穀物發臭及變質。因其取食習性，在含穎殼之稻穀倉幾無發生，而在糙米倉亦甚少發生。在此次監測倉庫中，粉斑螟蛾幾乎普遍發生，且在檢疫樣品中亦發現，因此推測粉斑螟蛾之蟲源亦屬境外移入。近年亦發現在貯藏蒜頭倉內大量發生 (Yao *et al*. 2007)，且部分貯藏點相鄰倉庫間同時貯藏進口米及蒜頭，可能造成彼此交互感染，因此對粉斑螟蛾密度發展需特別留意。外米綴蛾主要發生於碾米區，而進口米貯藏倉庫一般僅單純貯藏，並無碾米之作業環境，可能因此而導致外米綴蛾較少危害進口米。另外麥蛾之危害主要發生於與本土稻穀倉相鄰之進口米貯藏倉，因稻穀倉麥蛾之發生極普遍，易遷移至口米貯藏倉進行危害，而倉庫單獨貯藏進口米時，麥蛾則幾乎未發生。

除鞘翅目及鱗翅目主要害蟲外，另茶蛀蟲與腐食酪蟎亦普遍發生於進口米之貯藏倉庫，尤其常溫貯藏倉之溫濕度偏高時，貯藏之太空包袋面常密佈綠色霉斑，而茶蛀蟲則大量繁殖密佈於袋面。腐食酪蟎之發生與茶蛀蟲相類似，亦喜於高溫高濕環境，大量發生時除袋面上如覆蓋一層黃土色斑，在袋口或地面常有類似黃土色沙土堆積之危害狀。且腐食酪蟎在 10℃ 低溫環境亦可繁殖成長 (Kheradmand *et al*. 2007)，當環境高濕時，常會導致腐食酪蟎大量發生。在進口米貯藏上，腐食酪蟎的發生常造成倉庫管理上極大困擾，除因常溫及低溫

倉在高濕環境下，均會造成腐食酪蟎大量繁殖。其不同齡期害蟎不僅可直接危害進口米表面、胚部及沿著蟲孔危害，同時會增加貯藏環境之濕度，增高進口米之水分含量，誘發各種菌類的發生，且因其屍體或排泄物等均會導致進口米變質 (Franzolin *et al*. 1999)。此蟎亦是重要過敏原，能夠引起過敏性皮膚炎及哮喘 (Green & Woolcock 1978; Blainey *et al*. 1989)，對管理人員常造成過敏現象，其影響層面反而超過對貯藏稻米之危害。

積穀貯藏環境常是影響害蟲發生之重要影響因子，高溫高濕貯藏環境，有利於提供害蟲繁殖，更促進霉菌增長，部分積穀害蟲如茶蛀蟲、背圓粉扁蟲幼蟲期或腐食酪蟎幼蟎期不只危害穀物，亦取食霉菌 (Hsieh & Kao 1978)。進口米貯藏倉因稻米脫殼保存，較易導致濕度提升。因此，進口米貯藏倉的保存方式若仍維持以往未予控制溫、濕度，將導致貯藏約 13–26 週後濕度升高，使喜好高濕環境之茶蛀蟲、背圓粉扁蟲及腐食酪蟎大量發生。針對此現象，部分倉庫除打開倉門外，更以強力電風扇在四周通道吹風加強倉體空氣之對流，可使害蟲密度有明顯下降，因此進口米在貯藏階段，管理人員對倉體之溫濕度控管，為影響害蟲發生的重要一環。

進口米貯藏倉庫之害蟲監測結果，主要發生害蟲均與檢疫害蟲調查時相似，主要為米象、擬穀盜、角胸粉扁蟲及粉斑螟蛾等害蟲。在以往穀倉蟲相調查，約有 65 種害蟲及 22 種益蟲 (Lin 1968)；Hsieh & Kao (1978) 曾將這些昆蟲區分成 4 大類，分別為主要害蟲、次級害蟲、偶發害蟲及積穀害蟲之寄生者與捕食者。其中米象、穀蠹及麥蛾即屬主要害蟲，因能直接危害蛀食穀物內部並在其中發育繁殖，常造成嚴重危害。而角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲、背圓粉扁蟲及腐食酪蟎主要取食穀物外部及粉屑者，則屬次級害蟲。其發生常伴隨於主要害蟲發生之後，有時發生數量會遠超過主要害蟲，但危害程度則不若主要害蟲嚴重。由圖 1 之鹿港及後龍倉庫之害蟲發生約起於貯藏 4 週之後，在前 13 週數量較少，以主要害蟲米象為主。但隨後不論主要害蟲或次級害蟲均明顯增加，導致約於貯藏 1 年後需進行燻蒸防治處理。因進口米在常溫倉貯藏至少半年以上，且配合其發生狀況，因此在常溫倉之害蟲監測主要以貯藏後 26、39、52 週之害蟲發生量進行比較。而由桃園冷藏倉之調查結果，因低溫確實明顯延後害蟲之發生，因此在冷藏倉之害蟲發生量比較則針對貯藏後 26、39、52 週之害蟲發生量進行比較。且在害蟲防治上，未來應針對主要害蟲及次級害蟲之害蟲發生狀況分別進行評估其危害水準，以提供貯藏倉庫最佳之防治時機。

此次長期監測，亦發現 1 種新記錄種縮頸姬薪蟲，經李奇峰博士鑑定，現將模式標本存於農業試驗所標本館中，此蟲分佈於印度、日本、埃及等地，在台灣並無記錄 (Lobl & Smetana 2007)。發現此蟲之倉庫為仁武冷藏倉，原先為肥料倉庫，在貯藏進口米之前才進行整修，且周遭環境均無貯藏其他稻穀或雜糧，因此推測此蟲蟲源亦應屬境外移入。若貯藏處與稻穀倉相鄰，其害蟲種類常含稻穀倉最常發生之穀蠹及麥蛾等害蟲，因此進口米貯藏倉之害蟲危害受到其他稻米貯藏倉害蟲發生情形影響。至於進口米貯藏倉若普遍發生蟲害，其鄰近稻穀倉之害蟲發生是否會造成影響，在未來亦需要進一步探討。

在貯藏方式上，低溫倉主要控制在 15–18℃，RH 75–80%之間，對害蟲發生數量上有明顯抑制效果，且延緩害蟲之發生至少 13–26 週。但在部分低溫倉，實際貯藏時為避免水分過份流失，反而有加濕設計，導致環境之濕度高達 RH 90%以上，使腐食酪蟎大量發生，造成管理上之困擾。為解決蟎害問題，將

原先加濕設計改良後，使濕度不致過高後，腐食酪蟎大量發生的問題即迎刃而解。另外，低溫倉在溫濕度控管上，亦常因壓縮機損壞，且維修期長達 8 週，導致低溫倉內溫濕度快速上升 (溫度超過 30℃, RH 90%以上)，致使害蟲密度明顯增加，尤其以米象發生最嚴重。Hwang *et al*. (1983) 曾指出玉米象最適繁殖溫度爲 26–27℃，在相同溫度下，玉米象生殖力在高濕環境 (RH 80%) 較低濕環境 (RH 60%) 高約 3 倍，另壽命亦長約 2 倍。可能因害蟲危害的特性，導致米象在失控之低溫倉之害蟲發生反而超過常溫倉，致使貯藏之進口米嚴重損失。爲避免此現象重複發生，低溫倉改採兩套壓縮機控管，溫濕度失控才徹底解決，在 2006 年低溫倉貯藏至 52 週後均未有害蟲發生。由害蟲之發生狀況，利用低溫貯藏確實可抑制害蟲發生，但相對的在電費的開支、設備的投資及倉庫溫濕度的控管等因素，都必須加入考量，方能在貯藏穀物的品質及防治經費之投資上，取得最佳的效益。

在進口米害蟲防治上，除以低溫貯藏降低害蟲發生外，均完全倚賴燻蒸防治。當害蟲大量發生時，一般將進口米之太空包以帆布覆蓋，再投擲磷化鋁袋包藥劑進行燻蒸，燻蒸約 10 天後再撤除帆布開倉通風。在燻蒸過程自行放置之米象樣品包，均達到完全死亡。但燻蒸後持續監測貯藏倉之害蟲密度，卻發現部分倉庫最快在開倉後半個月即發現害蟲發生，一般倉庫亦在燻蒸後約 8–13 週陸續發現害蟲危害。磷化鋁在使用後會先轉換爲磷化氫，對害蟲達到防治效果，經與空氣作用會逐漸轉變爲次磷酸、亞磷酸或磷酸 (Dhaliwal 1974)，對害蟲無毒性，因此開倉後並無殘毒效果。針對開倉後 2 週即發現害蟲發生的問題，可能因燻蒸防治時對周遭其他隱藏之害蟲滋生源未完全清除或防治，導致燻蒸後尚存的蟲源快速侵入所造成。而燻蒸後約 8–13 週陸續發生之蟲害問題，則可能爲鄰近倉庫之蟲源侵入或本身倉體內原有蟲源於燻蒸時未完全滅絕再發生所造成。因以往研究曾指出部分積穀害蟲對燻蒸劑已逐漸產生抗藥性 (Park *et al*. 2008)，另燻蒸時磷化氫會受穀物阻礙影響擴散速率而降低燻蒸效果 (Peng *et al*. 1999)。未來防治上除避免害蟲對燻蒸劑抗藥性發展外，開發其他防治方法亦是當務之急。

現階段進口米主要形式爲糙米，約佔 93.4%，白米則僅佔 6.6%。針對稻米貯藏以往研究曾指出糙米形式是最易受爲害的形式，其害蟲之發生遠超過稻穀或白米形式 (Ryoo & Cho 1992)，且米象成蟲不易爲害穎殼完整的稻穀 (Hung & Peng 1985)，但當稻穀脫殼後失去穎殼保護，害蟲之侵入則更容易。雖稻穀形式在進口運輸或進口後之貯藏上均需較多空間，但以長期貯藏上爲避免害蟲危害，未來可以考慮以稻穀形式進口。對於不同進口國之害蟲相調查，因主要監測倉庫均從美國進口，其他國家監測倉庫量甚少，因此無法明顯比較蟲相之差異，未來若全面監測，將更能提供更完整資料進行比較。

進口米進倉過程中，許多問題都需要特別留意，其中尤以進口時之害蟲檢疫及貯藏後之害蟲監測更爲重要，方能在檢疫及防疫上均達到最佳效果。在檢疫上除原有列管之害蟲種類外，再篩選可能入侵的種類，建立其形態特徵等基本資料，更應對這類害蟲進行風險評估，探討入侵後對本土農業環境之衝擊，並研擬防範之道。有完善的檢疫措施及防範，方能避免害蟲侵入後，導致農業及經濟上的嚴重損失。另外，進口米進倉後之害蟲監測，更是進口米倉庫害蟲防治上重要一環。現階段進口米貯藏倉已有 91%納入長期監測，未來若能全面性進行害蟲監控，且針對各種害蟲之危害程度，區分爲主要害蟲、次要害蟲及偶發害蟲，分別建立其經濟危害水平，藉由每兩週之取樣調查及

害蟲密度回報機制，將主要害蟲之即時資訊提供糧政管理者或倉儲管理人員防治參考，以擬定防治計畫進行適時害蟲防治，將可消除防治空窗期或死角，達到最佳防治成效。

誌　謝

本研究進行期間承蒙農糧署劉安妮科長、蘇德明副分署長及陳坤龍技正等人多方協助，農糧署各分署檢驗人員協助取樣，以及本組李奇峰博士協助害蟲鑑定及李錦霞小姐協助調查；文成後，復承本所應用動物組陳健忠博士不吝撥冗斧正，謹此一併致謝。本研究受農糧署計畫經費補助。

引用文獻 (Literature cited)

Blainey, A. D., M. D. Topping, S. Ollier, and R. J. Davies. 1989. Allergic respiratory disease in grain workers: the role of storage mites. J. Allergy Clin. Immunol. 84: 296–303.

COA. 2007. Taiwan Food Statistics Book 2006, Council of Agriculture. Taiwan, ROC. 178 pp.

Dhaliwal, G. S. 1974. Metabolism of fumigants. Bull. Grain Technol. 12:132–138.

Franzolin, M. R., W. Gambale, R. G. Cuero, and B. Correa. 1999. Interaction between toxigenic *Aspergillus flavus* Link and mites (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank) on maize grains: effects on fungal growth and aflatoxin production. J. Stored Prod. Res. 35:215–224.

Green, W. F. and A. J. Woolcock. 1978. *Tyrophagus putrescentiae*: An allergenically important mite. J. Clin. Allergy 8:135–144.

Hsieh, F. K. and S. S. Kao. 1978. Ecology of storage insects. p.83–111. *in*: Diseases and Insect Pests of Rice: Ecology and Epidemiology. (Chiu, R. J., ed.) Joint Commission on Rural Reconstruction Pub. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Hsieh, F. K., L. M. Hung, S. S. Kao, and S. L. Hus. 1980. Estimates of losses of stored rice caused by insects. Plant Prot. Bull. 22:385–395. (in Chinese with English abstract)

Hung, C. C. and J. S. Hwang. 1992. Insect pests in rough rice and chaff stored in different kinds of bin in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12:269–276. (in Chinese with English abstract)

Hung, C. C. and W. K. Peng. 1985. The attractancy of rice kernels with different degrees of damage on husk to rice and maize weevil. Chinese J. Entomol. 5:31–36. (in Chinese with English abstract)

Hwang, J. S., F. K. Hsieh, and K. S. Kung. 1983. Influence of temperature and relative humidity on the development and reproduction of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Plant Prot. Bull. 24:41–52. (in Chinese with English abstract)

Kao, S. S. and C. C. Tzeng. 1992. A survey of the susceptibility of rice moth (*Corcyra cephalonica*) and angoumois moth (*Sitotroga cerealella*) to malathion and phoxim. Chinese J. Entomol. 12:239–245. (in Chinese with English abstract)

Kheradmand, K., K. Kamali, Y. Fathipour, and E. M. Goltapeh. 2007. Development, life table and thermal requirement of *Tyrophagus putrescentiae* (Astigmata: Acaridae) on mushrooms. J. Stored Prod. Res. 43: 276–281.

Lin, C. K. 1971. Pest of stored grain and grain products in Taiwan (I): studies on the biology of the khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts. (Coleoptera: Dermestidae). Plant Prot. Bull. 13:18–24. (in Chinese with English abstract)

Lin, C. K. 1972. An identification of three species of Lepidopterous larvae attacking stored grain and grain products in Taiwan. Plant Prot. Bull. 14:36–40. (in Chinese with English abstract)

Lin, T. 1968. A survey on the granary insects and their natural enemies in Taiwan. J. Agric. Res. China 17:1–7. (in Chinese with English abstract)

Lin, T. and C. H. Li. 1983. Studies on ecology of khapra beetle, *Trogoderma granarium* E. J. Agric. Res. China 32:383–389. (in Chinese with English abstract)

Lobl, I. and A. Smetana. 2007. Catalogue of Palaearctic Coleoptera Volume 4. Stenstrup. Apollo Books. 935 pp.

Park, B. S., B. H. Lee, T. W. Kima, Y. L. Renc, and S. E. Lee. 2008. Proteomic evaluation of adults of *Rhyzopertha dominica* resistant to phosphine. Environ. Toxicol. Pharmacol. 25:121–126.

Peng, W. K., C. C. Yang, and T. K. Lee. 1999. Horizontal diffusion of phosphine through grain. Chinese J. Entomol. 19:201–207 (in Chinese with English abstract)

Ryoo, M. I. and H. W. Cho. 1992. Feeding and oviposition preferences and demography of rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) reared on mixtures of brown, polished, and rough rice. Environ. Entomol. 21: 549–555.

Yao, M. C. and K. C. Lo. 1992. Insect species and population densities in stored japonica rice in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12:161–169. (in Chinese with English abstract)

Yao, M. C., K. H. Lu, Y. T. Wang, and C. Y. Lee. 2007. Population fluctuations of insect pests of garlic bulbs (*Allium sativum* L.) in storehouses monitored with light traps and yellow sticky cards. Plant Prot. Bull. 49:171–185. (in Chinese with English abstract)

Survey and Monitoring of Insect and Mite Pests in Imported Rice [1]

Me-Chi Yao[2], Chi-Yang Lee[2], and Kuang-Hui Lu[3,4]

Abstract

Yao, M. C., C. Y. Lee, and K. H. Lu. 2009. Survey and monitoring of insect and mite pests in imported rice. J. Taiwan Agric. Res. 58:17–30.

After joining the World Trade Organization (WTO) in 2002, there is a significant increase in import of rice in Taiwan. As a result, monitoring foreign species of rice pests have become important strategies for management of imported rice. A survey program was conducted during 2003–2006 to inspect every shipment of rice to Taiwan for pests and monitor some warehouses for outbreaks of pests of rice in storage. Live insects and/or mites were found in 12% of the 117 samples of rice but none of them were listed as quarantine pests in Taiwan. *Sitophilus oryzae* (L.) was the predominant species among these pests. For rice samples stored in warehouse, 11 species of insects and one species of mite were found. For brown rice stored at room temperature (18–34℃) for 13 weeks, the number of insects was below 10 insects per kilogram of rice but it increased to 35 insects per kilogram of rice after stored for 26 weeks. The major pests in the rice samples were *Sitophilus oryzae* (L), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Ahasverus advena* (Waltl), *Cryptolestes pusillus* (Schoherr), *Cadra cautella* (Walker), *Liposcelis divinatorius* (Müller), and *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). Pests in low temperature warehouses (15–18℃) did not occurred until 26 weeks of storage, and the major pests were *Sitophilus oryzae* (L), and *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). For rice samples stored at low temperature, insect pest appeared after storage for 26 weeks with *Sitophilus oryzae* and *Tyrophagus putrescentiae* as predominant species. However, a breakdown of cooling systems often resulted in severe outbreaks of pests for rice stored at low temperature warehouses and the level of pest infestation was even higher than the rice samples stored at room temperature. Aluminum phosphide was an effective fumigant for control of pests of rice stored at low or room temperature. A monthly survey program initiated in 2005 was used to monitor insect pests on imported rice stored at low temperature and room temperature warehouses. This program provided crucial information on infestation and control of pests in rice stored in warehouses of normal or low temperature. This monitoring program would be an effective plant quarantine strategy preventing importation of pests in imported rice.

Key words: Imported rice, Quarantine pests, *Sitophilus oryzae*, *Cadra cautella*, *Tyrophagus putrescentiae*.

---

1. Contribution No.2343 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 19, 2008.
2. Respectively, Assistant Entomologist and Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: khlu@dragon.nchu.edu.tw; Fax: (04)22853170.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):31–44 (2009)

台灣超甜玉米雜種優勢類群之探討[1]

劉紹國[2] 謝光照[3,5] 曾富生[4]

摘　要

劉紹國、謝光照、曾富生。2009。台灣超甜玉米雜種優勢類群之探討。台灣農業研究 58:31–44。

爲探討熱帶型與溫帶型玉米型間雜種組合之表現，以 3 個熱帶型及 11 個溫帶型品種進行半互交，所獲數據以 Griffing 模式 I 方法 4 (91 個正交雜種) 進行全互交分析。所調查之性狀包括有開花期、吐絲期、株高、穗位高、葉數、穗位葉長、穗位葉寬、葉面積、去苞葉果穗重、穗長、穗徑、行數、穿刺力及甜度。不同類型間雜交組合農藝性狀之比較，就營養性狀，株高、葉面積、總葉數，穗位葉長及穗位葉寬而言，不同類型雜交組合間呈現熱帶型 × 熱帶型大於或等於溫帶型 × 熱帶型大於溫帶型 × 溫帶型之趨勢；就去苞葉果穗重而言，呈現熱帶型 × 熱帶型相近於溫帶型 × 熱帶型大於溫帶型 × 溫帶型之趨勢，表示熱帶型 × 熱帶型及溫帶型 × 熱帶型之雜交組合具有較高之產量雜種優勢。就籽粒糖度而言，則呈現溫帶型 × 溫帶型相近於溫帶型 × 熱帶型大於熱帶型 × 熱帶型之趨勢，其中甜度超過 15 Brix^{o} 以上，在溫帶型 × 溫帶型之雜交組合有 16 個，溫帶型 × 熱帶型的雜交組合有 6 個。經組合力分析顯示，品種間一般組合力 (GCA) 效應在鮮果穗產量及營養性狀間均達極顯著。熱帶型與溫帶型間產量及營養性狀一般組合力之表現有所不同，熱帶型品種正效應居多，溫帶型品種負效應居多；就甜度的效應而言，熱帶型品種爲負效應居多，溫帶型品種以正效應居多。

關鍵詞：超甜玉米、熱帶型、溫帶型、雜種優勢、一般組合力。

前　言

台灣目前食用玉米種類有普通白玉米、糯性玉米及超甜玉米，而以超甜玉米爲最大宗，年栽培面積在 12,000 ha 左右。超甜玉米係自 1980 年開始推廣，儘管台南區農業改良場推出有台南 15 號 (三系雜交) 及台南 18 號 (單交種) 等新品種，但國內之栽培品種仍以外國育成之品種爲主要，例如興農 2 號 (Sinon 2)、興農 3 號 (Sinon 3)、興農 506 號 (Sinon 506)、興農 123 號 (Sinon 123)、Honey 236、好滋味 (Hao Zih Wei, HZW)、新吉士 600 (Sin Ji Shih 600,

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2344 號。接受日期：97 年 12 月 25 日。
2. 行政院農業委員會農糧署蔬菜花卉科技正。台灣 南投縣 南投市。
3. 本所作物組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 國立中興大學農藝系教授。台灣 台中市。
5. 通訊作者，電子郵件: x486045@tari.gov.tw；傳真: (04)23399544。

SJS 600) (興農公司引進)、華珍 (Bright Jean, BJ)、蜜珍 2 號 (Honey Jean No.2, HJ 2) (農友公司)、金蜜 (Golden Honey, GH)、Venus (博友貿易有限公司)、神農 135 (Shen Nong 135, SN 135) (好農家公司)、Pacific hybrid 5 (PH 5)、Pacific hybrid 10 (PH 10) (台北農企) 及皇后 (生生公司) 等約有 33 品種經過委託試作並審查合格。據台南區農業改良場調查，顯示所有參與委託試作之外國品種，其性狀均極相似，其中以溫帶型爲多，且夏季栽培生產較困難。目前適合夏季栽培生產的品種不多。而國產台南 13 號 (雙交種)、台南 14 號 (單交種)、台南 15 號 (三系雜交種)、台南 18 號 (單交種) 等品種或因不抗葉斑病、純度不佳或其種皮厚品質差、無法與外國引入品種相比較，故農民多種植外國引入之品種，致使國內育成之品種無法順利推廣栽培。

在不同種源間之雜種優勢模式中，如美國硬粒種 Lancaster Surecrop，與馬齒種的 Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS) 分離出來的自交系及其雜交組合具有最高之雜種優勢，爲馬齒種與硬粒種間之雜種優勢模式 (Hallauer & Malithano 1976)。如在墨西哥及中南美洲也發現適合熱帶及亞熱帶地區栽培的 4 個優良小種複合群，純熱帶型馬齒種的 Tuxpeno，純熱帶型硬粒種的 Cuban flint (CF)、半硬粒種的 Coastal tropical flint (CTF) 及混合種的 ETO；Tuxpeno 與其他 3 個複合群間之雜交組合表現極高之雜種優勢，建立了加勒比海硬粒種與馬齒種間的雜種優勢模式 (Wellhausen 1978)。又如同一粒型內之不同種間，亦發現有優良的雜種優勢模式存在 (Troyer & Hallauer 1968)。而 Kim & Ajala (1996 a, b) 亦以外來種源與西非之玉米種種源進行雜種優勢類群間之探討，希望能獲得適合當地之雜種優勢模式，以改良西非地區之玉米，結果顯示外來種源與西非地區種源間在產量有雜種優勢模式群存在。

台灣飼料及青割玉米在不同粒型組合之籽粒產量及農藝性狀之表現，也發現異粒型間的組合 (馬齒種 × 硬粒種) 兼具有馬齒種與硬粒種的優點，如營養生長旺盛，葉片、株高及桿莖均大等特性。青割玉米整株乾物重 (糊熟期) 亦呈現硬粒種同粒型間之雜交種與異粒型間之雜交種相近，但兩者均高於馬齒種同粒型之趨勢，又以穩定性分析來看硬粒種同粒型與異粒型是屬高產之一群，整體而言，青割玉米的選育以異粒型及硬粒種同粒型組合爲材料較有利 (Shieh & Thseng 1993)。

中國大陸玉米栽培品種之種質以溫帶型玉米爲主要育種來源，遺傳基礎愈益窄化，在產量及抗病育種上遭遇瓶頸，近年來引進熱帶型與亞熱帶型種源，利用其豐富的遺傳變異性和特殊的抗逆境、抗病蟲害，加上熱帶型與溫帶型地理隔離長年交流少，且遺傳差異大等因素來擴大溫帶型玉米種質之遺傳基礎、適應性和增加抗病性，獲得更強之雜種優勢組合，具有明顯的溫帶型與熱帶型異型間雜種優勢模式 (Hu *et al.* 1999; Cheng *et al.* 2000; Li *et al.* 2001)。Sun *et al.* (2007) 以 25 個溫帶型自交系及 4 個熱帶型自交系探討雜種優勢模式群，發現不同型間具雜種優勢，主要的雜種優勢模式皆屬溫帶型與熱帶型的組合。至於不同型種源間與同型種源內，其雜種優勢的表現情形，Han *et al.* (1991) 曾利用同一族群與不同族群自交分離之自交系，相互雜交所形成的全互交組合爲材料進行研究，結果顯示族群間之 F_1 雜種之平均產量大於族群內之 F_1 雜種的平均產量；同時族群間之 F_1 雜種其特殊組合力之平均值爲正值，而族群內之 F_1 雜種其特殊組合力之平均值則爲負值，亦顯示族群間之平均雜種優勢值較高。

台灣本島因耕作制度及夏作病蟲害猖獗，長久以來超甜玉米以秋冬爲主要栽培季節，種植品種以溫帶型爲主要，隨全球暖化效應，台

灣春夏作氣溫漸高，秋、冬氣溫亦漸暖。溫帶型品種於春夏作氣溫漸高，栽培日漸難管理。國內超甜玉米之栽培，主要以國外育成品種為大宗，在消費市場上佔有重要之角色，然而這些品種間之雜種優勢類群表現有待探討，而建立適合於台灣氣候的超甜玉米遺傳基礎材料與雜種優勢利用之模式為當務之急。本研究主要係探討台灣溫帶型與熱帶型超甜玉米種原間是否有雜種優勢模式存在，期望能在栽培或育種方面提供有用的資訊，供超甜玉米栽培研究及品種改良上之參考。

材料與方法

本研究以坊間販售之 14 個商業品種為材料，其中 3 個熱帶型及 11 個溫帶型品種 (表 1) 相互進行半互交，計有 91 個正交組合。田間試驗於 2004 年 3 月於農業試驗所農場進行。田間設計為逢機完全區集設計 (RCBD)，3 重覆，行長 4.5 m，2 行區，行株距為 80 × 30 cm。三要素肥料量為 N：P_2O_5：K_2O ＝ 180：90：60 kg/ha，基肥以台肥 39 號複合肥料 (N：P_2O_5：K_2O ＝ 12：18：12) 施 500 kg/ha，即基肥施氮素 60 kg/ha，磷肥 90 kg/ha 及鉀肥 60 kg/ha。其餘之氮素 140 kg/ha 以硫酸銨 (N = 21%) 於玉米至齊膝期 (約 50–60 cm) 之當追肥施用，其餘之田間管理按實際需要進行之。

生育期間調查開花期、吐絲期、株高、穗位高、總葉數、穗位葉長、穗位葉寬、葉面積、去苞葉果穗重、穗長、穗徑、行數、果皮穿刺力及甜度。調查方法如下，開花期 (days to tasseling, DTT)：指播種日起至小區中 50%植株達雄穗始花所需日數。吐絲期 (days to silking, DTS)：指播種日起至小區中 50%植株達雌穗開始吐絲所需日數。株高 (plant height, PH)：於植株雄穗開花後，每小區逢機 10 株，由地面至雄穗頸節之平均高度，以 cm 表示。穗位高 (ear height, EH)：於植株雌穗吐絲後，每小區逢機 10 株，由地面至最上位雌穗著生節位之平均高度，以 cm 表示。葉數 (total leaf number, TLN)：於植株雄穗抽出後，選 10 株調查單株之總葉

表 1. 試驗材料一覽表

Table 1. Varieties of super sweet maize were used as parents in the study

Variety	Type	Seed company
Pacific Hybrids 10 (PH 10)	Tropical	TAIPEI NONG CI CO.
Pacific Hybrids 5 (PH 5)	Tropical	TAIPEI NONG CI CO.
Bright Jean (BJ)	Tropical	KNOWN-YOU SEED CO., LTD.
Honey Jean No.2 (HJ 2)	Temperate	KNOWN-YOU SEED CO., LTD.
Sinon 2	Temperate	SINON CORPORATION
Sinon 3	Temperate	SINON CORPORATION
Sinon 123	Temperate	SINON CORPORATION
Sinon 506	Temperate	SINON CORPORATION
Honey 236	Temperate	SINON CORPORATION
Sin Ji Shih 600 (SJS 600)	Temperate	SINON CORPORATION
Hao Zih Wei (HZW)	Temperate	SINON CORPORATION
Golden Honey (GH)	Temperate	BO YOU CO., LTD.
Venus	Temperate	BO YOU CO., LTD.
hen Nong 135 (SN 135)	Temperate	FARMER SEED LTD.

數，以 No./plant 表示。穗位葉長 (ear leaf length, ELL)：於植株雌穗吐絲後，選 10 株量最上位雌穗節位葉片之葉長，以 cm 表示。穗位葉寬 (ear leaf width, ELW)：於植株雌穗吐絲後，選 10 株量最上位雌穗節位葉片之葉身最寬部位之長度，以 cm 表示。單株葉面積 (leaf area per plant, LAPP)：由頂端往下數第 8 片葉的長度與最寬的乘積，再乘以 0.75 × 9.39 所獲得 cm^2 數值 (Pearce *et al.* 1975)。去苞葉果穗重 (fresh ear weight, FEW)：逢機取出乳熟期之 10 個果穗，去苞葉稱其果穗鮮重，以 g/ear 表示。穗長 (ear length, EL)：上述乳熟期之 10 個逢機果穗，量其整穗長度之平均值以 cm 表示。穗徑 (ear diameter, ED)：上述乳熟期之 10 個逢機果穗，量其果穗中間部位之平均值以 mm 表示。行數 (row number, RN)：計數上述乳熟期 10 個逢機果穗之行數。果皮穿刺力 (bite test, BT)：取果穗中間段之籽粒，利用穿刺力計測果皮穿刺時其穿刺力之大小，以 g/cm^2 表示。甜度 (sugar content, SC)：取果穗中間段籽粒擠出汁液，以糖度計測其糖度，以 Brix^o 表示。上述所獲數據進行變方分析與品種間平均值比較，並以 Griffing (1956) 模式 I 方法 4 進行組合力分析。

結　果

坊間販售之 14 個品種雜交而成的 91 個組合爲材料進行 14 個農藝性狀調查，經變方分析顯示 (表 2)，所調查的農藝性狀在基因型間呈極顯著差異；而所調查的農藝性狀在型間除了穿刺力及糖度外，其餘性狀均呈極顯著差異。不同品種間雜交組合之農藝性狀之變異及平均值之表現敘述如下：開花期雜交組合變異幅度在 52–60.6 d 之間 (表 3)，平均值爲 55.2 天，最低者爲新吉士 600 × 興農 123，最高者爲金蜜 ×

表 2. 超甜玉米品種間雜交組合農藝性狀之變方分析之均方值

Table 2. Mean squares of 14 traits for 91 F_1 hybrids of super sweet corn

Source	Df	DTT (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	TLN (No./plant)	ELL (cm)	ELW (cm)
Block	2	9.33** [z]	10.44**	4,452**	488**	28.14**	55.49**	1.07*
Genotype	90	11.33**	13.28**	1,887**	957**	3.46**	154.44**	1.17**
Type	2	81.10**	52.13**	64,030**	31350**	102.22**	4073.86**	30.39**
Within type	88	9.74**	12.40**	475**	267**	1.21**	65.36**	0.51**
Error	180	1.58	1.85	109	109	0.52	10.64	0.27
Total	272							

Source	Df	LAPP (cm^2)	FEW (g/ear)	EL (cm)	ED (mm)	RN (No.)	BT (g/cm^2)	SC (Brix^o)
Block	2	1,188**	648	11.39**	1.89	0.14	1,792	8.81*
Genotype	90	1,791**	3,667**	8.68**	11.82**	2.06**	2,030*	3.34**
Type	2	57,706**	96,303**	238.42**	124.65**	3.39**	12,831**	19.36**
Within type	88	520**	1561**	3.46**	9.25**	2.03**	1784	2.97
Error	180	152	503	1.20	3.46	0.77	1511	2.00
Total	272							

[z] *, ** Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

華珍。低於 54 天者有新吉士 600 × 好滋味等 20 個組合。高於 58 天者有金蜜 × 興農 3 號等 7 個組合。吐絲期雜交組合之變異幅度在 53.3–62.0 天間 (表 3)，平均值爲 56.6 天，最低者爲新吉士 600 × 興農 123，最高者爲金蜜 × 華珍。低於 54 天者有新吉士 600 × 興農 123 等 4 個組合。高於 58 天者有金蜜 × 新吉士 600 等 20 個組合。

株高雜交組合之變異介於 110.0–207.3 cm 間 (表 4)，各組合之平均值爲 152.4 cm，最低者爲好滋味 × 神農 135，最高者爲 Venus × PH 5、 PH 10 × PH 5。超過 200 cm 者有金蜜 × PH 10 等 3 個組合。介於 180–199 cm 間者有 Honey 236 × PH 10 等 9 個組合。低於 120 cm 者有好滋味 × 神農 135 及好滋味 × Venus 等 2 個組合。穗位高雜交組合之變異在 35.6–100.6 cm 之間 (表 4)，平均值爲 61.7 cm，最低者爲好滋味 × 神農 135，最高者爲 Venus × PH 5。低於 40 cm 以下有好滋味 × 興農 123 等 3 個組合。介於 40–50 cm 間者有金蜜 × 興農 506 等 10 個組合。高於 80 cm 以上者有金蜜 × PH 10 等 13 個組合。

總葉數雜交組合之變異介於 8.6–13.6 間 (表 5)，平均值爲 10.7，最低者爲好滋味 × 興農 2 號，最高者爲 PH 10 × PH 5。總葉數低於 9 者有好滋味 × 興農 2 號及好滋味 × Venus 等 2 個組合。介於 9–10 者有金蜜 × 新吉士 600 等 10 個組合。高於 12 者有金蜜 × PH 10 等 10 個組合。穗位葉長雜交組合之變異在 72.3–100.6 cm 間 (表 5)，平均值爲 81.2 cm，最低者爲 Honey 236 × 興農 2 號，最高者爲 Venus × PH 5。低於 75 者有好滋味 × Honey 236 等 11 個組合。高於 90 cm 者有金蜜 × PH 5 等 9 個組合。穗位葉寬雜交組合之變異在8.4–10.9 cm間 (表 6)，平均值爲 9.5 cm，最低者爲金蜜 × 新吉士 600，最高者爲金蜜 × PH 10。低於 9 cm

表 3. 品種間雜交組合開花期 (day) (上三角形) 與吐絲期 (day) (下三角形) 之平均值

Table 3. Means of days to tasseling (up trigon) and days to silking (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		57.0	54.3	57.6	59.0	56.6	56.0	56.0	57.3	59.0	56.6	59.0	60.6	60.0
SJS 600	59.0		53.6	53.0	53.3	55.6	52.6	52.0	52.3	52.6	52.3	54.6	53.3	54.3
HZW	55.6	55.0		52.6	54.0	53.3	53.0	52.6	52.6	53.6	52.3	53.3	53.0	55.6
Honey 236	59.6	54.6	53.6		55.3	55.6	54.3	55.0	55.6	54.6	55.0	57.0	56.3	55.0
Sinon 3	60.3	54.6	54.3	57.3		56.0	54.0	54.6	55.3	55.3	55.6	57.0	57.3	56.6
HJ 2	59.0	57.3	54.3	57.6	57.3		54.0	54.3	57.0	56.3	55.3	56.6	57.0	55.0
Sinon 2	57.0	54.3	54.6	56.6	55.6	55.3		54.6	53.3	53.0	54.3	54.6	56.0	54.6
Sinon 123	58.6	53.3	54.3	56.0	56.6	55.6	56.3		55.0	56.0	57.0	55.6	54.3	56.0
SN 135	59.0	54.0	53.6	57.0	56.6	58.0	54.3	56.6		54.0	55.3	56.6	55.3	54.3
Sinon 506	60.6	54.6	55.3	55.3	56.3	58.0	55.0	57.0	55.3		54.3	55.6	55.3	55.6
Venus	57.6	54.0	54.0	56.6	57.3	58.0	55.6	59.0	57.3	56.3		55.3	55.3	58.3
PH 10	60.0	57.0	54.0	57.6	57.6	57.3	56.3	57.6	58.6	57.3	56.6		58.0	57.3
BJ	62.0	54.3	53.6	58.0	59.0	58.3	56.6	56.3	56.6	56.0	57.0	60.0		57.6
PH 5	61.3	54.6	56.3	56.0	57.3	55.3	56.3	57.0	55.0	56.6	59.0	59.0	59.3	

days to tasseling: $LSD_{0.05} = 2.4$; days to silking: $LSD_{0.05} = 2.8$.

者有金蜜 × 新吉士 600 等 16 個組合。高於 9 cm 者有金蜜 × PH 10 等 17 個組合。單株葉面積雜交組合之變異介於 4352.6–7684.0 cm^2 間 (表 6)，平均值為 5470.9 cm^2，最低者有金蜜 × 新吉士 600，最高者為 Venus × PH 5。高於 7000 cm^2 者有 Venus × PH 5 及 PH 10 × PH 5 等 2 個組合。介於 6500–7000 cm^2 者有金蜜 × PH 10 等 4 個組合。4500 cm^2 以下者有金蜜 × 新吉士 600 等 3 個組合。

去苞葉果穗重雜交組合之變異介於 155.3–270.3 g/ear 間 (表 7)，最低者為興農 123 × Venus，最高者為 Venus × PH 5。平均值為 205.5 g/ear。去苞葉果穗重介於 250 g/ear 至 270 g/ear 間者有 Honey 236 × PH 5 等 3 個組合。低於 170 g/ear 者有金蜜 × 新吉士 600 等 8 個組合。穗長雜交組合之變異介於 16.6–23.0 cm 間 (表 7)，平均值為 19.5 cm，以蜜珍 2 號 × Venus 最低，最高者為金蜜 × PH 10。穗長在 18 cm 以下者有新吉士 600 × 興農 2 號等 12 個組合。高於 22.0 cm 間者有金蜜 × PH 10 等 7 個組合。穗徑雜交組合之變異在 40.6–48.0 mm 間，平均值為 44.0 mm，最低者為金蜜 × 新吉士 600，最高者為好滋味 × PH 10。低於 42 mm 者有金蜜 × 新吉士 600 等 13 個組合。高於 46 mm 者為金蜜 × 興農 2 號等 13 個組合 (表 8)。行數雜交組合之變異在 12.7–16.5 間，平均值為 14.6，最低者為金蜜 × 華珍，最高者為 Honey 236 × PH 5。低於 14 者有金蜜 × Honey 236 等 18 個組合。高於 16 者為好滋味 × 興農 3 號等 5 個組合 (表 8)。

果皮穿刺力雜交組合之變異在 208.3–333.3 g/cm^2 之間，平均值為 273.3 g/cm^2，最低者為金蜜 × Honey 236，最高者為興農 3 號 × 興農 2 號。果皮穿刺力 300 g/cm^2 以上者有金蜜 × 蜜珍 2 號等 20 個組合。果皮穿刺力 240 g/cm^2 以下者有金蜜 × Honey 236 (208.3 g/cm^2)、Honey 236 × 神農 135 (233.3 g/cm^2)、蜜珍 2 號 × 興農 123 (233.3 g/cm^2)、興農 2 號 × 興

表 4. 品種間雜交組合株高 (cm) (上三角) 與穗位高 (cm) (下三角) 之平均值

Table 4. Means of plant height (up trigon) and ear height (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		146.3	135.0	153.3	145.3	149.0	152.0	150.6	158.3	134.0	146.3	200.3	189.6	168.6
SJS 600	53.0		142.0	143.3	161.3	140.3	125.3	125.6	131.6	139.3	141.6	160.6	163.3	153.3
HZW	47.0	56.3		124.6	144.3	133.3	130.3	121.6	110.0	128.3	113.3	154.6	143.0	159.0
Honey 236	62.6	54.0	43.3		146.3	137.0	137.0	145.3	127.6	148.6	139.0	190.0	159.6	156.0
Sinon 3	55.0	54.3	51.0	55.0		152.6	122.3	153.0	143.6	142.0	147.0	177.3	182.0	165.6
HJ 2	63.0	48.6	44.3	58.6	61.3		136.6	128.0	133.6	138.6	124.0	170.0	183.3	174.6
Sinon 2	52.6	43.3	42.6	50.6	48.6	51.6		125.0	124.3	129.3	129.0	171.0	168.3	184.3
Sinon 123	59.3	40.6	38.3	57.3	57.6	50.0	47.6		130.0	150.3	155.0	176.3	178.6	180.6
SN 135	61.0	48.3	35.6	51.0	54.0	53.3	46.0	56.0		129.6	166.6	179.3	127.6	169.3
Sinon 506	48.6	43.6	41.6	56.6	51.3	54.6	45.6	60.0	47.6		144.0	176.6	175.6	182.3
Venus	63.3	50.0	37.0	55.3	53.3	51.0	51.0	58.6	54.0	57.6		172.0	176.0	207.3
PH 10	95.0	67.3	64.3	96.6	82.0	80.3	69.0	78.0	78.6	74.0	79.3		184.3	207.3
BJ	84.0	63.6	55.0	75.3	83.3	87.0	69.0	81.0	88.6	76.0	83.6	89.6		195.3
PH 5	68.3	58.0	58.3	64.3	66.6	72.3	78.6	78.3	71.3	77.3	100.6	99.3	91.6	

plant height: $LSD_{0.05}$ = 29.1; ear height: $LSD_{0.05}$ = 20.4.

表 5. 品種間雜交組合總葉數 (No.) (上三角) 與穗位葉長 (cm) (下三角) 之平均值

Table 5. Means of total leaf number (up trigon) and ear leaf length (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		9.0	9.6	10.6	10.3	10.6	9.6	10.0	10.3	10.0	11.6	12.6	11.3	11.3
SJS 600	73.0		10.3	10.6	10.6	9.6	9.6	10.3	10.6	9.6	10.0	11.0	11.0	11.0
HZW	76.3	80.0		9.3	10.0	10.0	8.6	9.3	9.0	9.6	8.6	10.3	10.3	11.0
Honey 236	80.3	80.0	73.3		11.0	10.3	10.0	10.6	10.6	10.6	10.3	13.3	11.3	10.6
Sinon No.3	76.6	84.3	81.0	81.3		11.6	10.0	103	10.6	11.0	10.3	11.3	12.3	11.6
HJ 2	76.3	77.3	76.3	78.0	85.3		10.3	10.3	10.6	11.0	10.0	11.6	11.6	11.6
Sinon No.2	75.6	77.3	72.6	72.3	77.6	81.3		10.3	10.3	10.3	10.3	11.3	11.0	12.0
Sinon 123	75.0	78.3	70.0	73.6	78.6	78.3	74.0		10.6	10.0	10.6	12.0	11.6	12.3
SN 135	81.0	80.0	72.6	79.6	81.3	81.3	76.3	75.0		10.6	10.3	11.6	12.0	11.3
Sinon 506	70.0	76.0	74.6	77.6	79.0	78.6	74.3	76.6	74.0		10.6	11.3	11.6	11.0
Venus	78.0	77.6	73.0	81.3	77.0	77.0	75.0	76.0	80.3	82.0		11.0	11.6	12.3
PH 10	86.6	88.0	83.3	89.6	87.0	88.0	84.3	82.6	88.3	85.6	85.6		12.0	13.6
BJ	84.0	86.3	78.3	76.3	80.3	88.3	82.0	83.3	84.3	84.3	83.6	87.0		12.0
PH 5	90.6	85.0	83.6	88.6	86.6	92.6	93.6	91.6	95.3	95.6	100.6	96.3	94.0	

total leaf number: $LSD_{0.05} = 1.62$; ear leaf length: $LSD_{0.05} = 7.1$.

表 6. 品種間雜交組合穗位葉寬 (cm) (上三角) 與單株葉面積 (下三角) 之平均值 (cm^2)

Table 6. Means of ear leaf width (up trigon) and leaf area per plant (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		8.4	9.5	9.6	9.1	9.2	9.3	9.3	8.7	9.0	8.6	10.9	9.6	9.3
SJS 600	4352.6		9.6	8.9	9.2	9.2	9.0	8.9	9.3	9.0	8.6	10.3	10.2	9.2
HZW	5158.0	5498.3		8.9	9.6	9.0	8.7	8.9	8.8	9.1	8.8	10.1	10.1	9.0
Honey 236	5454.3	5034.6	4592.0		9.4	9.4	9.3	9.8	9.5	9.0	9.6	10.7	9.9	9.7
Sinon 3	4935.6	5483.6	5487.0	5403.0		9.4	9.4	9.1	9.3	8.7	8.6	9.9	10.7	9.4
HJ 2	4953.6	5027.6	4837.3	5199.3	5668.3		9.7	9.4	9.3	9.5	9.8	9.8	10.2	9.9
Sinon 2	4955.0	4940.6	4491.6	4752.6	5152.0	5541.3		9.5	9.5	9.6	9.8	10.1	9.5	9.7
Sinon 123	4952.3	4942.6	4408.3	5085.3	5055.3	5220.3	4994.3		8.7	8.7	8.6	9.9	10.6	9.4
SN 135	4971.3	5224.0	4517.3	5365.3	5364.6	5360.6	5120.0	4630.0		9.3	9.4	10.0	9.5	10.0
Sinon 506	4463.6	4819.6	4784.3	4942.3	4877.3	5298.3	5063.3	4701.3	4883.3		9.2	10.1	10.7	9.5
Venus	4738.6	4701.6	4519.3	5518.0	4701.0	5351.6	5176.3	4643.6	5336.6	5351.3		9.6	10.4	10.8
PH 10	6672.0	6441.6	5942.3	6759.6	6068.6	6086.3	6013.0	5807.6	6248.0	5123.0	6030.3		10.4	10.3
BJ	5698.6	6259.3	5618.3	5332.6	6081.0	6371.3	5558.3	6237.6	5673.6	6361.3	6175.0	6444.0		9.6
PH 5	5938.0	5518.0	5314.0	6080.0	5741.0	6480.0	6400.0	6110.6	6722.0	6443.0	7684.0	4014.3	5332.6	

ear leaf width: $LSD_{0.05} = 0.98$; leaf area per plant: $LSD_{0.05} = 942$.

表 7. 品種間雜交組合去苞葉果穗重 (g/ear) (上三角) 與穗長 (cm) (下三角) 之平均值

Table 7. Means of fresh ear weight (up trigon) and ear length (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		161.3	192.0	186.3	195.3	179.3	216.0	198.3	178.3	172.6	172.0	248.6	171.3	236.6
SJS 600	19.3		199.0	188.0	224.6	205.0	172.6	170.3	220.0	232.0	194.0	266.0	241.0	239.6
HZW	18.3	19.6		214.0	216.0	201.6	173.3	196.3	177.3	186.3	179.3	248.6	244.0	231.3
Honey 236	20.0	19.6	19.0		187.0	169.3	211.0	184.0	174.3	195.0	179.6	246.6	210.3	253.6
Sinon 3	19.3	20.6	18.0	18.3		220.3	173.0	201.0	186.6	163.0	198.0	227.3	246.0	214.6
HJ 2	19.6	19.3	19.0	18.0	18.3		198.3	180.6	160.0	173.6	163.0	219.0	225.0	251.6
Sinon 2	19.6	17.6	18.6	19.3	18.0	18.6		183.6	189.0	178.0	188.3	242.6	213.6	228.0
Sinon 123	19.6	18.6	18.3	19.0	19.3	17.6	19.3		172.6	182.6	155.3	245.6	240.3	227.6
SN 135	20.0	19.6	17.4	17.6	18.0	17.3	18.6	18.6		187.6	162.3	224.3	241.3	239.0
Sinon 506	19.0	19.6	18.3	18.3	17.6	17.6	17.3	19.0	18.6		157.3	246.6	227.0	221.6
Venus	18.6	18.0	17.6	18.0	19.0	16.6	18.3	17.6	17.6	17.0		223.3	226.3	270.3
PH 10	23.0	22.0	20.3	22.0	20.0	20.3	21.0	21.6	21.0	20.6	21.0		204.0	250.0
BJ	20.0	21.6	20.0	19.6	20.6	20.3	19.6	21.3	20.3	20.0	20.6	19.6		232.3
PH 5	22.0	20.0	20.0	20.3	20.3	21.3	21.6	21.3	21.6	22.0	22.3	21.3	22.3	

fresh ear weight: $LSD_{0.05}$ = 51.3; ear length: $LSD_{0.05}$ = 2.4.

表 8. 品種間雜交組合穗徑 (mm) (上三角) 與籽粒行數 (No.) (下三角) 之平均值

Table 8. Means of ear diameter (up trigon) and row number (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		40.6	44.6	42.3	43.3	42.0	46.3	44.0	40.6	41.6	42.6	45.3	41.3	44.6
SJS 600	14.2		44.6	42.0	45.6	43.6	42.6	43.3	45.3	46.3	45.3	47.0	45.6	46.3
HZW	15.7	15.2		46.0	46.0	45.6	43.0	46.3	43.0	45.0	41.6	48.0	47.3	46.0
Honey 236	13.4	13.6	15.7		43.3	41.6	45.3	41.6	42.6	44.0	43.3	45.6	44.0	47.6
Sinon 3	15.0	15.7	16.0	13.6		44.0	43.3	44.6	44.6	42.6	44.6	45.6	47.3	45.0
HJ 2	14.8	14.4	15.2	13.0	14.8		43.6	42.3	42.6	41.6	41.0	44.3	43.3	46.0
Sinon 2	15.2	13.7	14.6	15.3	15.4	13.8		42.6	44.0	44.0	43.3	46.0	43.3	42.6
Sinon 123	15.8	13.8	16.5	14.1	15.3	14.7	13.7		42.3	43.0	40.6	45.3	44.0	43.3
SN 135	14.9	14.4	14.1	14.0	14.8	13.8	14.1	14.4		44.0	40.6	43.3	46.0	45.3
Sinon 506	15.1	15.6	15.3	14.1	14.5	14.8	15.4	14.9	15.3		42.0	46.3	46.3	43.6
Venus	15.1	14.1	16.1	14.1	15.0	13.8	13.9	15.3	14.8	13.6		45.3	45.6	46.0
PH 10	15.8	13.3	16.5	14.8	14.3	15.0	13.8	14.2	14.4	15.4	14.6		42.6	44.6
BJ	12.7	13.0	15.8	14.4	14.5	14.0	13.0	13.4	13.6	14.9	14.0	13.4		44.0
PH 5	15.3	14.7	15.4	16.5	14.4	14.4	14.6	14.4	14.2	14.5	14.9	14.2	14.1	

ear diameter: $LSD_{0.05}$ = 3.38; row number: $LSD_{0.05}$ = 1.3.

表 9. 品種間雜交組合果皮穿刺力 (g/cm^2) (上三角) 與籽粒甜度 (Brix°) (下三角) 之平均值
Table 9. Means of bite test (up trigon) and sugar content (down trigon) for 91 hybrids of super sweet corn

Variety	GH	SJS 600	HZW	Honey 236	Sinon 3	HJ 2	Sinon 2	Sinon 123	SN 135	Sinon 506	Venus	PH 10	BJ	PH 5
GH		258.3	291.6	208.3	291.6	300.0	300.0	258.3	241.6	258.3	258.3	310.0	300.0	291.6
SJS 600	15.4		258.3	291.6	275.0	258.3	250.0	241.6	283.3	275.0	241.6	283.3	266.6	275.0
HZW	17.3	13.6		241.6	258.3	258.3	250.6	275.0	258.3	300.0	241.6	241.6	266.6	241.6
Honey 236	14.0	14.4	14.7		300.0	258.3	291.6	308.3	233.3	316.6	266.6	291.6	308.3	275.0
Sinon 3	13.4	13.1	15.8	14.0		286.3	333.3	250.0	283.3	258.3	291.6	300.0	316.6	300.0
HJ 2	13.4	14.3	16.6	14.9	15.8		283.3	233.3	258.3	258.3	275.0	308.3	258.3	275.0
Sinon 2	14.6	14.3	17.0	14.3	14.7	15.0		300.0	241.6	233.3	300.0	258.3	300.0	283.3
Sinon 123	14.7	14.6	14.8	13.2	14.2	12.7	14.4		283.3	258.3	275.0	291.6	300.0	266.6
SN 135	14.1	14.8	16.5	13.7	13.7	14.5	14.7	13.2		242.3	283.3	308.3	291.6	241.6
Sinon 506	14.8	14.3	14.8	15.2	15.2	15.0	15.1	13.2	14.2		241.6	275.0	275.0	275.0
Venus	14.6	15.0	15.8	12.9	15.4	13.5	13.6	14.6	15.6	14.5		308.3	275.0	233.3
PH 10	12.1	14.7	15.6	15.5	14.2	15.6	13.8	15.2	14.3	14.7	12.1		258.3	283.3
BJ	14.8	15.2	13.6	13.7	12.8	13.2	14.7	13.1	12.8	14.0	13.4	12.9		266.6
PH 5	13.2	13.9	15.5	14.9	14.1	14.1	14.7	14.9	12.9	14.3	14.5	13.3	13.8	

bite test: $LSD_{0.05} = 64.0$; sugar content: $LSD_{0.05} = 1.3$.

農 506、Venus × PH 5 (233.3 g/cm^2) 等組合 (表 9)。甜度雜交組合的變異幅度在 12.1–17.3 Brix° 間，平均值為 14.4 Brix°，最低者為金蜜 × PH 10，最高者為金蜜 × 好滋味。13 度以下之組合者有金蜜 × PH 10 等 7 個組合。16 度以上之組合者有金蜜 × 好滋味 (17.3)、好滋味 × 蜜珍 2 號 (16.6)、好滋味 × 興農 2 號 (17.0) 及好滋味 × 神農 135 (16.5) 等 4 個組合 (表 9)。

不同類型間雜交組合農藝性狀之比較 (表 10)，就營養性狀，株高、單株葉面積、總葉數、穗位葉長及穗位葉寬而言，呈現熱帶型 × 熱帶型高於或等於溫帶型 × 熱帶型，且此二類型組合均高於溫帶型 × 溫帶型之趨勢；就營養生長期長短之性狀，如開花期、吐絲期來比較，則呈現熱帶型 × 熱帶型大於溫帶型 × 熱帶型；就去苞葉果穗重而言，呈現熱帶型 × 熱帶型高於或等於熱帶型 × 溫帶型，且此二類型組合均大於溫帶型 × 溫帶型之趨勢，表示熱帶型 × 熱帶型及溫帶型 × 熱帶型之雜交組合比溫帶型 × 溫帶型具有較高之產量雜種優勢，為理想之雜種優勢模式類群。就果穗性狀穗長及穗徑而言，則呈現熱帶型 × 熱帶型相近於溫帶型 × 熱帶型，且此二類型組合均大於溫帶型 × 溫帶型之現象。就糖度而言，則呈現溫帶型 × 溫帶型相近於溫帶型 × 熱帶型，且此二類型組合均大於熱帶型 × 熱帶型之趨勢，其中甜度超過 15 Brix° 以上的溫帶型 × 溫帶型之雜交組合有 16 個，溫帶型 × 熱帶型的雜交組合有 6 個。去苞葉果穗重 (230 g/ear 以上)、甜度 (15 Brix° 左右)、果皮穿刺力 (250 g/cm^2 以下)、穗長 (20 cm 以上) 及株高 (140 cm 左右) 等因素，顯示新吉士 600 × 華珍、好滋味 × PH 5、好滋味 × PH 10 為溫帶型 × 熱帶型類型較優之品種間雜種模式群，其次為 Honey 236 × PH 5 及興農 123 × PH 5 等雜交組合。

利用 Griffing 組合力分析 (表 11) 顯示，品種間一般組合力 (GCA) 效應在鮮果穗產量

表 10. 超甜玉米型間組合農藝性狀之平均值

Table 10. Means of 14 traits for different types of super sweet corn

Type	DTT (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	TLN (No./plant)	ELL (cm)	ELW (cm)
Tep. × Tep.	54.7	56.2	138.5	51.5	9.99	77.2	9.17
Tep. × Tro.	55.8	56.9	170.6	74.7	11.46	86.4	9.93
Tro × Tro.	56.9	58.6	190.3	90.6	12.08	91.1	10.18
$LSD_{0.05}$	2.4	2.8	29.1	20.4	1.62	7.1	0.98

Type	LAPP (cm^2)	FEW (g/ear)	EL (cm)	ED (mm)	RN (No.)	BT (g/cm^2)	SC (Brix°)
Tep. × Tep.	5018	186.0	18.5	43.3	14.6	267.2	14.5
Tep. × Tro.	6067	233.9	20.8	45.2	14.7	282.5	14.2
Tro × Tro.	6446	234.3	21.1	44.7	14.2	270.8	13.3
$LSD_{0.05}$	942	51.3	2.4	3.3	1.3	64.0	1.3

表 11. 超甜玉米品種間農藝性狀組合力變方分析之均方值

Table 11. Mean squares of 14 traits for 91 hybrids evaluated in GCA and SCA of super sweet corn

Source	Df	DTT (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	TLN (No./plant)	ELL (cm)	ELW (cm)
GCA	13	17.68** [z]	18.25**	2815**	1450**	4.62**	236**	1.45**
SCA	77	0.90	1.14	98	36	0.25	8	0.13
Error	180	2.31	3.12	336	165	1.04	26	0.38
GCA/SCA		19.6	16.0	28.7	40.2	18.4	29.5	11.1

Source	Df	LAPP (cm^2)	FEW (g/ear)	EL (cm)	ED (mm)	RN (No.)	BT (g/cm^2)	SC (Brix°)
GCA	13	2592**	4129**	10.82**	10.69**	2.34**	823	2.26
SCA	77	112	317	0.62	1.96	0.41	561	0.79
Error	180	35	1041	2.40	4.54	0.76	1620	2.18
GCA/SCA		23.1	13.0	17.4	5.45	5.7	1.46	7.79

[z] ** Significant at 1% probability level.

及營養性狀間均達極顯著，表示品種間所具有之累加性基因有明顯不同。進一步可看出熱帶型與溫帶型間產量及營養性狀一般組合力表現有所不同，熱帶型品種爲正效應居多，溫帶型品種爲負效應居多；就品質性狀甜度而言，熱帶型品種爲負效應居多，溫帶型品種爲正效應居多 (表 12)。

討　論

將玉米種質合理劃分爲適合不同地區或季節的雜種優勢群，並建立起相應的雜種優勢模式，可明顯提高育種效率。根據優勢類群選育優良自交系，按照高產雜優模式配組雜交組合，或在同一優勢類群中，有目的地選擇優良

表 12. 超甜玉米農藝性狀之一般組合力之效應值

Table 12. General combining ability effects of 14 traits for 14 hybrids of super sweet corn

Variety	DTT (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	TLN (No.)	ELL (cm)	ELW (cm)
GH	2.55	2.74	3.69	0.82	-0.22	-2.70	-0.24
SJS 600	-1.80	-1.67	-9.22	-10.11	-0.55	-1.06	-0.30
HZW	-2.02	-2.33	-20.41	-15.64	-1.13	-5.06	-0.29
Honey 236	0.11	0.21	-3.11	0.43	0.05	-1.53	0.01
Sinon 3	0.27	0.19	-0.94	-2.64	0.02	0.18	-0.11
HJ 2	0.50	0.55	-7.66	-2.70	-0.02	-0.25	-0.01
Sinon 2	-1.13	-1.14	-12.44	-9.39	-0.52	-3.36	-0.06
Sinon 123	-0.55	-0.25	-5.05	-3.31	-0.13	-3.39	-0.18
SN 135	-0.22	-0.22	-10.52	-4.20	0.00	-0.84	-0.22
Sinon 506	-0.36	-0.39	-6.55	-6.17	-0.16	-2.31	-0.12
Venus	-0.33	-0.05	-6.80	-2.61	-0.27	-1.14	-0.20
Temp. type average	0.06	-0.78	-7.18	-5.05	-0.27	-1.95	-0.16
BJ	0.88	0.82	25.50	19.38	0.97	3.21	0.72
PH 5	1.00	0.52	26.61	15.18	1.00	11.54	0.19
Trop. type average	0.99	0.78	26.35	18.52	0.99	7.16	0.56
SE (gi-gj)	0.62	0.72	0.74	5.25	0.41	2.08	0.25

Variety	LAPP (cm^2)	FEW (g)	EL (cm)	ED (mm)	RN (No.)	BT (g/cm^2)	SC (Brix^o)
GH	-323	-13.57	0.40	-1.12	0.27	11.26	-0.03
SJS 600	-239	3.48	0.21	0.46	-0.32	-7.90	0.04
HZW	-496	-1.04	-0.75	1.18	1.03	-14.15	1.22
Honey 236	-106	-7.82	-0.20	-0.59	-0.47	2.51	-0.21
Sinon 3	-63	1.67	-0.51	0.82	0.46	13.87	0.02
HJ 2	-38	-13.49	-0.87	-1.01	-0.27	-1.40	0.14
Sinon 2	-240	-6.71	-0.51	0.43	-0.27	5.29	0.28
Sinon 123	-337	-11.07	-0.14	-0.84	0.08	0.43	-0.34
SN 135	-192	-14.18	-0.61	-0.92	-0.25	-6.45	0.03
Sinon 506	-227	-10.90	-0.72	-0.06	0.27	-9.92	0.10
Venus	-202	-20.88	-0.95	-1.15	-0.04	-1.65	-0.13
Temp. type average	-223	-8.59	-0.42	-0.25	0.04	-0.09	0.10
PH10	933	36.78	1.77	1.48	0.06	9.59	-0.13
BJ	641	22.36	0.96	0.71	-0.72	12.28	-0.77
PH5	893	35.39	1.93	1.01	0.16	-3.73	-0.21
Trop. type average	822	31.51	1.55	1.07	-0.17	6.05	-0.37
SE (gi-gj)	242	13.17	0.63	0.86	0.35	16.42	0.60

自交系雜交後選系合成綜合品種，或用來源於不同優勢群的自交系，根據雜優模式進行配組，可大大減少盲目性，而提高育種效率。雜種優勢類群的劃分及雜種優勢模式的建立，一是依育種試驗，即進行大量親本材料的雜交，通過組合力檢定和雜種優勢實際表現來確定，二是根據育種家的經驗，即通過分析親本材料的地理及種原間之親緣關係來確定。Cheng *et al.* (1995) 指出中國大陸國內系 × 國外系雜種優勢的表現優於國外系 × 國外系的模式。

熱帶品種及溫帶品種比較顯示，熱帶型玉米較能適應高溫的春作及夏作栽培耐熱，營養生長旺盛，生長期較長，鮮果穗產量高，苞葉量多，籽粒果皮較厚，甜度稍低，不耐冷，抗病蟲性佳，栽培管理容易，食用口感較差。而溫帶型較能適合較低溫的秋作及裡作栽培生長期短，較早熟，苞葉少，易罹病蟲害 (銹病、葉斑病、煤紋病及亞洲玉米螟蟲)，糖度高，果皮薄，秋作鮮果穗產量高，食用品質佳，不耐熱。綜觀台灣本島玉米種植情形，在春作及夏作易罹患毒素病及銹病，且螟蟲爲害嚴重，較難管理且產量較不穩定，熱帶型品種較能適應且生長良好。而於秋作及裡作氣候穩定，溫度較低適合玉米生長，病蟲害發生較少，溫帶型玉米品種較適合栽培。

本試驗結果顯示台灣市售超甜玉米在去苞葉鮮果穗產量之表現，呈現溫帶型 × 熱帶型相近於熱帶型 × 熱帶型，且此二類型大於溫帶型 × 溫帶型，顯示溫帶型與熱帶型不同型間雜交組合與熱帶型 × 熱帶型優於溫帶型 × 溫帶型內之組合。營養性狀如株高、葉面積、穗位葉長、穗位葉寬及總葉數，以異型間組合大。營養生長期之長短如開花期與吐絲期則以熱帶型 × 熱帶型爲高。籽粒甜度則呈現溫帶型 × 溫帶型相近於溫帶型 × 熱帶型 ，而此二類型大於熱帶型 × 熱帶型之趨勢。本試驗之結果與 Cheng *et al.* (2000)、Li *et al.* (2001)、Sun *et al.* (2007)、Zhang *et al.* (2006)、Zhang (2007) 在中國的試驗結果呈現不同型間具有明顯的雜種優勢，主要的雜種優勢模式皆屬溫帶型與熱帶型的組合報告相類似，表示超甜玉米種原存在溫帶型與熱帶型間之產量雜種優勢模式，且熱帶及亞熱帶玉米具有豐富的遺傳多樣性與溫帶型玉米種質交流少，遺傳變異較大。溫帶與熱帶異型間之雜交組合，不論在一般組合力或特殊組合力上，皆大於同型間之組合，可產生較強的雜種優勢，大幅提高產量 (He *et al.* 2005)。

考慮去苞葉果穗重 (230 g/ear 以上)、甜度 (15 度左右)、果皮穿刺力 (250 g/cm^2 以下)、穗長 (20 cm 以上) 及株高 (140 cm 左右) 等同時兼顧時，新吉士 600 × 華珍、好滋味 × PH 5、好滋味 × PH 10 等爲較優之品種間雜種模式群，其次爲 Honey 236 × PH 5 及興農 123 × PH 5 等，而此等雜交組合均爲溫帶型 × 熱帶型；進一步亦可獲知熱帶型與溫帶型間產量及營養性狀一般組合力表現有所不同，熱帶型品種爲正效應居多，溫帶型品種爲負效應居多；而品質性狀甜度與果皮穿刺力而言，熱帶型品種爲負效應居多，溫帶型品種爲正效應居多。熱帶型種源具有抗病、抗逆及生長旺盛等超甜玉米育種目標所期待的優良基因、可以增加超甜玉米的遺傳變異，拓寬種質基礎，提高優良等位基因之頻率及增加選擇優良自交系的機率 (Sun *et al.* 2007)。因此具有較優的溫帶型 × 熱帶型之雜種優勢模式群之品種，可以直接利用於超甜玉米育種材料的選擇與組配上，而次優類型之組合或可再回交，以增加具有互補之優良基因，以建立適合於亞熱帶台灣之基礎種原材料，並可供育種之參考與利用。

引用文獻 (Literature cited)

Cheng, Y. H., C. Z. Zhang, and H. G. Xu. 1995. Genetic analysis of the quantitative traits for

maize heterosis population abstracted from the exotic germplasms. J. Agric. North China 10(1): 17–21. (in Chinese with English abstract)

Cheng, Y. H., L. M. Wang, and J. R. Dai. 2000. Potential of germplasm improvement using tropical, subtropical inbred lines for Chinese temperate germplasm of maize. J. China Agric. Univ. 5(1):50–57. (in Chinese with English abstract)

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463–493.

Hallauer, A. R. and D. Malithano. 1976. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding population. Euphytica 25:117–127.

Han, G. C., S. K.Vasal, D. L. Beck, and E. Elias. 1991. Combining ability of inbred lines derived from CIMMYT maize (*Zea mays* L.) germplasm. Maydica 36:57–64.

He, H. J., S. R. Kuo, Y. Q. Zhou, Z. J. Wang, and G. H. Wang. 2005. Study on heterosis potential of maize inbred lines possessed tropical and subtropical germplasm. Gansu Agric. Sci. Technol. 7:10–12. (in Chinese with English abstract)

Hu, X. A., F. G. Wu, L. M. Wei, and B. Zhao. 1999. Research and utilization for tropical and subtropical corn germplasms. J. Abroad Agric. Grains Crop 19(3):4–9. (in Chinese with English abstract)

Li, X. H., S. Z. Xu, and J. S. Li. 2001. Combining ability on ten tropical and subtropical maize populations. J. Maize Sci. 9(1):1–5. (in Chinese with English abstract)

Kim, S. K. and S. O. Ajala. 1996a. Combining ability of tropic maize germplasm in West Africa I. Open-pollinated varieties. Maydica 41:127–134.

Kim, S. K. and S. O. Ajala. 1996b. Combining ability of tropic maize germplasm in West Africa Ⅱ. Tropical vs temperate × tropical origins. Maydica 41:135–141.

Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15: 691–694.

Shieh, G. J. and F. S. Thseng. 1993. Effect of crop season on combining ability performance of grain yield and agronomic traits with respect to combination between different kernel type in maize. J. Agric. Res. China 42:356–369. (in Chinese with English abstract)

Sun, C. T., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, X. Z. Li, B. I. Huang, and X. M. Fan. 2007. Studies on combining ability of agronomic characteristics between temperate and tropical maize inbred lines. J. Maize Sci. 15(3):36–41. (in Chinese with English abstract)

Troyer, A. F. and A. R. Hallauer. 1968. Analysis of a diallel set of maize. Corp Sci. 8:581–584.

Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in triopics. p.59–84. *in*: Maize Breeding and Genetics. (Walden, D. B., ed.) Wiley. New York.

Zhang, X., B. S. Zhang, and L. Zhang. 2006. Study on combining ability of tropical and subtropical maize populations. J. Maize Sci. 14(3):56–59. (in Chinese with English abstract)

Zhang, Q. N. 2007. Analysis of hybrid advantages between maize inbred line in tropical and subtropical zones and maize in temperate zones. J. Agric. Sci. Yanbian Univ. 29(3):208–212. (in Chinese with English abstract)

Studies on Heterotic Patterns of Super Sweet Corn Varieties in Taiwan [1]

Shao-Kuo Liu[2], Guang-Jauh Shieh[3,5], and Fu-Sheng Thseng[4]

Abstract

Liu, S. K., G. J. Shieh, and F. S. Thseng. 2009. Studies on heterotic patterns of super sweet corn varieties in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 58:31–44.

A half set of diallel crosses of three tropical and eleven temperate varieties of maize was studied in this study. Data of 91 crosses were analyzed by Griffing's method Ⅰ and mode Ⅵ. Fourteen traits, including days to tasseling, days to silking, plant height, ear height, total leaf number, ear leaf length, ear leaf width, leaf area per plant, ear fresh weight, ear length, ear diameter, row number, bite test and sugar content were investigated. The results were summarized as follows: the plant height, leaf area per plant, total leaf number, ear leaf length and ear leaf width of tropical × tropical crosseshad more than those of temperate × tropical or temperate × temperate crosses, and also temperate × tropical crosses had more than those of temperate × temperate. The ear fresh weight of the tropical × tropical and tropical × temperate crosses had higher yield than those of temperate × temperate, and non-significant difference was found between crosses of tropical × tropical and temperate × temperate. There are 16 crossed hybrides of temperate × temperate, and 6 crossed hybrids of temperate × tropical having sugar content over 15 Brix^{o}. Significant general combining abilities were found in the fresh ear weight and vegetable traits. The tropical type had positive effect and temperate type had negative effect of combining ability in yield and vegetable traits; but they had opposite result in sugar content.

Key words: Super sweet maize, Tropical, Temperate, Heterotic pattern, General combining ability.

---

1. Contribution No.2344 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 25, 2008.
2. Specillist, Vegetable and Flower Section, Agricultural and Food Agency, Council of Agricultural Executive, Nantou-Hsien, Taiwan, ROC.
3. Agronomist, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Professor, Agronomy Department, National Chung-Hsing University, Taichung , Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: x486045@tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):45–54 (2009)

栽培季節氣象環境對水稻台農 71 號生產之影響[1]

李裕娟[2] 楊純明[2,3] 蕭巧玲[2]

摘　　要

李裕娟、楊純明、蕭巧玲。2009。栽培季節氣象環境對水稻台農 71 號生產之影響。台灣農業研究 58:45–54。

本文研究以水稻 (*Oryza sativa* L.) 台農 71 號品種為試驗材料，在本所利用按月在田間栽植 1 次之週年栽培方式，探討栽培季節氣象環境對其生產之影響，並以建立氣象變因估測產量之關係模式。本文包括 95 年 12 月至 96 年 11 月等 12 個月份栽培季節之試驗資料，惟其中 96 年 9 月及 10 月栽培季節因生殖生長期長期低溫而無產量收穫，因此僅 10 個季節資料進行分析。氣象環境變因則篩檢栽培季節計算之全生育期累積日平均氣溫 (A_{DMAT})、日射量 (A_{IR})、日照時數 (A_{DSH})、日降水 (雨) 量 (A_{DP}) 及日蒸發量 (A_{DE}) 等 5 項。經由氣象變因之間的相關矩陣分析，發現霧峰地區之 A_{DMAT} 與 A_{IR} (r = 0.976***)、A_{DSH} (r = 0.764**) 之間均呈極顯著正相關，A_{DSH} 與 A_{IR} (r = 0.785**) 亦呈極顯著正相關，而 A_{DP} 與 A_{DSH} (r = -0.691*) 則呈顯著負相關。另鮮穀粒產量 (fresh grain yield, FGY)、乾穀粒產量 (dry grain yield, DGY) 與氣象環境變因之相關分析結果，因包含適栽與非適栽季節，FGY 和 A_{IR}、A_{DMAT}、A_{DSH} 等兩兩之間皆為顯性負相關 (r 值分別為-0.801**、-0.700*、-0.716*)，而 DGY 之結果亦同 (r 值分別為-0.813**、-0.724*、-0.758*)。將氣象變因與生產有關之參數進行多變數迴歸分析 (multivariate regression analysis)，包括生產指數 (production index, PI)、收穫指數 (harvest index, HI)、FGY、DGY 等 4 項，結果顯示影響生產指數及收穫指數之主要氣象變因為 A_{IR} 及 A_{DMAT}，分別可解釋 82.2% (P = 0.002) 及 82.3% (P = 0.002) 之指數變異範圍。鮮穀粒產量及乾穀粒產量則以 A_{IR}、A_{DMAT}、A_{DE} 為主要氣象變因，R^2 分別可解釋 81.4% (P = 0.013) 及 81.0% (P = 0.014) 之產量變異範圍，其影響比重依序分別為 A_{IR}、A_{DMAT}、A_{DE}。綜合上述試驗結果，顯見在霧峰地區以日射量、氣溫及蒸發量為決定台農 71 號水稻品種產量之主要氣象變因，藉由量測這些氣象變因輸入所建立多元線性複迴歸模式即可粗估其產量高低。

關鍵詞：水稻 (台農 71 號)、氣候 (象) 變因、生產、多變數迴歸分析、多元線性複迴歸模式。

前　　言

農作物的產量與品質具有品種特性，受到作物遺傳形質的控制，然而品種特性的表現則受到生育過程周遭環境的影響。影響作物生產的環境因素可概分為氣象、土壤和生物等三大類，其中氣象環境係指作物生存空間感受或接觸到的光照、氣溫、降水、濕度、風、雨、二

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2345 號。接受日期：98 年 1 月 8 日。
2. 本所作物組助理研究員、研究員、助理研究員。台灣　台中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：cmyang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317118。

氧化碳、…等因子的總和。環境因素在時間和空間上的差異與變異，亦會使得同一種作物因時、因地、因季節而產生不等的產量與品質 (Yang 2008)。Chang *et al*. (2002) 在進行氣象因子對盤固草產量之影響分析結果，即指出栽植地點、生長季節及氣象環境之間存在複雜的交感作用，且對牧草的生產造成綜合效應。Lee *et al.* (2004) 在尼羅草之氣象變因模式化研究上，亦發現納入多氣象變因之迴歸模式，才能解釋牧草之產量變異，即欲模擬氣象變因對牧草生產量之影響需要多項氣象參數。影響作物生產的環境因素可概分爲氣象、土壤和生物等三大類，其中氣象環境係指作物生存空間感受或接觸到的光照、氣溫、降水、濕度、風、雨、二氧化碳、…等因子的總和。許多農耕栽培管理上的操作，目的即在於改善作物所處之氣象環境，藉以達到促進作物生育及提高作物生產目標，並進而增加農產收益 (Yang 1999)。

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是台灣地區最主要的糧食作物，由於氣候溫暖、雨量充沛，一年多可栽培兩期稻作。通常第一期稻作之生育期由較低之氣溫與日射量往高溫、多日射量氣象環境生長，此一氣候條件頗利於稻株生長發育,因此稻穀生產量每公頃平均可達到 5 t 以上 (Hsieh & Liu 1979; Liu & Hsieh 1984; Tsai 1994)。第二期稻作則由生長初期之高溫、多日射量至收穫期之低溫、少日射量，平均產量低於一期稻作約 20–25% (Hsieh & Liu 1979; Liu & Hsieh 1984)。由於兩期稻作氣象環境的差異，將影響稻株生理反應、土壤中有機物質分解速度及病蟲害發生種類、危害時期與損失程度等，所以一、二期稻作之間的生育與產量上的差異並不令人意外。Huang (1979) 之研究指出，二期稻作之減產係單位面積有效穗數減少、結實率降低及粒重較輕所致。穗數減少之原因，Lin & Chen (1976) 之報告認爲係二期稻作生育初期氣溫過高，抑制了有效分蘗數所致，而結實率的降低則係孕穗開花期經常遭遇低溫爲主要原因 (Tang & Kao 1972)。Lin & Hung (1979) 和 Lin *et al*. (1979) 報告認爲二期作抽穗期延長，再逢日照量不足，導致結實不良與粒重減輕，而降低產量。Lee (1990) 探討氣象因子對產量構成因素之影響，顯示兩期稻作生育期間氣象條件的不同，乃影響產量的主因。

氣象因子會直接或間接地影響農作物的生長，氣溫與光照是兩項影響水稻生產最明顯的氣象因子。稻株分蘗節位的高低常受到溫度影響；在適當的低溫環境下，分蘗的節位較低，且較低節位產生的分蘗具有較旺盛的分蘗能力，成爲有效分蘗的比例較高，因此可獲得較多的穗數 (Huang 1979; Liu & Hsieh 1984)。另外以光照對稻株生長的效應爲例，在合適的氣溫及充足光照條件下，稻株分蘗數將增加而擴大生產潛力。由此，一期稻作分蘗期的低溫環境，有利於稻株的分蘗及有效分蘗的增加，二期稻作分蘗期的高溫環境則反之，不僅可導致分蘗減少，也可降低高節位及高次節位的分蘗數。其次，高溫會加速土壤有機物質分解，缺氧下的土壤還原狀態將造成根系發育不良，減少養分吸收。高溫亦使得地上部快速生長，消耗大量營養元素及促進呼吸作用，使稻株體內同化產物及含氮化合物的短缺，植株發生提早老化並縮短營養生長期間。Lur *et al*. (2006) 研究指出，氣溫與光照強度影響稻米品質，在日均溫低於 26℃時，日高溫低於 30℃、日低溫低於 22℃及日射量高於 13 MJ m^{-2} day^{-1} 環境下，可以生產出外觀良好、白堊質低的優質稻米。

水稻良質米品種台農 71 號 (益全香米；2000 年 10 月命名) 育成以來 (Lai *et al*. 2001)，廣受民眾喜愛，其栽培面積及銷售量均逐年增加。惟此一品種之生長與產量明顯受到氣象環境影響，其米質亦對於氣象環境變化十分敏感，值得深入探究以期穩定生產質量。在

表 1. 從 2006 年 12 月至 2007 年 11 月期間栽植於農委會農業試驗所農場之水稻品種台農 71 號於不同栽培季節之移植日期、到達 50%抽穗所需日數、收穫到達收穫所需日數 (即生育日數) 及穀粒產量等調查資料

Table 1. Effect of planting dates on growth and yield of rice (*Oryza sativa* cv. TNG 71) [z]

Planting month	Transplanting date	50% heading (days) [y]	Harvest (days) [x]	Fresh grain yield (Mg ha^{-1})	Dry grain yield (Mg ha^{-1})
12/2006	12/22/2006	04/02/2007 (102 d)	05/28/2007 (158 d)	4.47	3.59
1/2007	01/29/2007	04/25/2007 (87 d)	06/04/2007 (127 d)	5.40	4.86
2/2007	02/27/2007	05/15/2007 (78 d)	06/20/2007 (114 d)	7.66	6.89
3/2007	03/28/2007	06/06/2007 (71 d)	07/10/2007 (105 d)	5.66	4.90
4/2007	04/27/2007	07/07/2007 (72 d)	08/13/2007 (109 d)	5.43	4.80
5/2007	05/25/2007	08/03/2007 (71 d)	09/11/2007 (110 d)	5.49	4.81
6/2007	06/25/2007	09/03/2007 (71 d)	01/12/2007 (110 d)	6.44	5.64
7/2007	07/27/2007	10/02/2007 (68 d)	11/07/2007 (104 d)	7.38	6.47
8/2007	08/21/2007	10/24/2007 (65 d)	11/30/2007 (102 d)	5.93	5.16
11/2007	11/26/2007	04/04/2008 (130 d)	05/13/2008 (170 d)	3.98	3.11
Average		(81.5)	(120.9)	5.78	5.02

[z] Rice cv. TNG 71 was transplated in paddy fields at the experimental farm, Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan.
[y] Days required from transplanting to 50% heading.
[x] Days required from transplanting to harvest.

面臨氣候快速變遷及全球溫暖化趨勢的情境下，瞭解氣象環境變化對農作物 (尤其水稻) 生產影響的意義更爲重要，而藉由氣象變因改變的追蹤量測以預估生產表現，也成爲維持糧食安全供給不可或缺的一環。Pengs *et al.* (2004) 針對菲律賓地區水稻產量年度變化的研究，指出夜間低溫每增加 1℃將導致 10%的減產。過去百年來臺灣有全島性暖化現象，氣溫上升 1.0–1.4℃ ，增溫趨勢在夏季 (1.37℃/百年) 比冬季明顯 (0.83℃/百年)，因此年溫呈現上升的趨勢，而夜間氣溫上升幅度大於日間使得日夜溫差呈現下降的趨勢 (Hsu & Chen 2002)。對水稻而言，如何因應氣候變遷方向來研擬必要措施，以調和生產環境變異對生長、發育、產量及品質帶來的各種影響，乃持續水稻生產必要的作法及迫切需要採行的步驟。

本文研究旨在利用逐月田間栽植一批水稻的週年栽培方式，來探討栽培季節氣象環境對水稻品種台農 71 號生產之影響，同時釐清各種氣象變因在稻株生長發育和產量表現上扮演的角色，提供未來綜合研擬全球暖化趨勢下水稻栽培環境管理對策之參考。研究結果可同時利用於適地適時適作之依據，以生產高質量的良質米而發揮最大生產效益。

材料與方法

本項試驗在臺中縣霧峰鄉之行政院農業委員會農業試驗所農場進行，栽植月份自 2006 年 12 月起至 2007 年 11 月止，每月栽植水稻品種台農 71 號一批 (表 1)。在合計 12 個栽培季節當中，9 月及 10 月栽植之水稻因遭逢生殖生長期間發生的多次低溫事件而無穀粒收穫，因此沒有穀粒產量紀錄而未列入表 1，實際分析 10 個栽培季節收集之相關資料。試驗方法求其一致，移植時將 3–4 葉齡期秧苗以南北向插於試驗田區，每月種植面積 0.1 ha，試區土壤質地為壤土，酸鹼值 pH 5.36，有機質含量 2.21%。

生育期間肥料施用係以硫銨 (21% N) 200 kg ha^{-1} 爲基肥，於插秧後一週內施用；第一次追肥於插秧後 3–4 週實施，施予臺肥 39 號複合肥料 (12% N) 200 kg ha^{-1}；第二次追肥於抽穗前 1–2 週，用量爲尿素 (46%) 100 kg ha^{-1}；經過 9 週後再施用硫銨 160 kg ha^{-1} 爲穗肥。在雜草防除上，以 8%丁拉殺丹粒劑 30 kg ha^{-1} 在插秧後施用，又於插秧後 3–4 週於施肥前以人工除草 1 次。其他農藥施用則視病蟲害發生狀況而定，以苦茶粕 100 kg ha^{-1} 防治福壽螺，以 6%培丹粒劑 30 kg ha^{-1} 防治二化螟蟲及瘤野螟，以 3%維利黴素溶液 1 L ha^{-1}、10%克枯爛可濕性粉劑千倍稀釋液分別防治紋枯病、白葉枯病，以及 40%加保扶水懸劑 1.2 L ha^{-1} 千倍稀釋液防治其他害蟲。

在水稻生育期間定期取樣調查稻株生長性狀，包括株高、分櫱數、葉片數、葉面積、地上部植體各部位 (分爲葉片、桿、穗三部分) 鮮重與乾重等。收穫時取樣調查產量性狀，包括穗數 (有效分櫱百分比)、穗重、穗長、千粒重、稔實率等。各栽植月份均於收穫時割取 10 m^2 小區產量 2 點，由此取得穀粒鮮產量及烘乾產量 (40℃烘乾 120 h)。此外，亦收集鄰近 500 m 設於農業試驗所之一級農業氣象測站測值，包括日平均氣溫 (DMAT)、日射量 (IR)、日照時數 (DSH)、日降水 (雨) 量 (DP) 及日蒸發量 (DE) 等五項因子，再計算全生育期累積的日平均氣溫 (A_{DMAT})、日射量 (A_{IR})、日照時數 (A_{DSH})、日降水 (雨) 量 (A_{DP}) 及日蒸發量 (A_{DE}) 等五項氣象變因。

試驗資料之統計分析，係採用 SigmaPlot 統計繪圖軟體 (version 8.0, SPSS ASC BV, the Netherlands) 及 SAS 統計軟體 (Version 8.1, SAS Institute 1998)。以相關矩陣分析來比較兩兩氣象變因之關係，及各氣象變因與穀粒鮮產量 (fresh grain yield, FGY)、穀粒乾產量 (dry grain yield, DGY) 之相關性。以多元線性複迴歸分析 (multiple linear regression analysis, MLR) 來篩檢輸入五氣象變因之相關優先，建立以氣象變因估測產量之多元線性複迴歸方程式 (模式)，同時解釋氣象變因對水稻生產有關性狀 (生產指數、收穫指數、穀粒鮮產量、穀粒乾產量等) 之影響。生產指數 (production index, PI) 爲穗鮮重與葉片鮮重加上桿鮮重之比值，收穫指數 (harvest index, HI) 則爲穗鮮重與地上部鮮重 (穗鮮重、葉片鮮重及桿鮮重總和) 之比值。

結　果

利用逐月田間栽植一批的週年栽培方式，從 2006 年 12 月至 2007 年 11 月期間栽植於農委會農業試驗所農場之水稻品種台農 71 號，所調查之移植日期、到達 50%抽穗所需日數、收穫到達收穫所需日數 (及生育日數) 及穀粒產量等資料列於表 1。資料顯示，試驗期間台農 71 號稻種之生育日數介於 102–170 天，11 月至 2 月的栽培季節，由移植至 50%抽穗所需日數爲 87–130 天，至收穫所需日數則爲 127–170 天。在霧峰地區一、二期稻作慣行之 2 月及 7 月，至 50%抽穗所需日數分別爲 78 天、68 天，至收穫所需日數則分別爲 114 天、104 天。試驗的 10 個

栽培季節期間，平均 FGY 及 DGY 分別爲 5.78、5.02 kg ha^{-1}，一期稻作適栽的 2 月份之 FGY 及 DGY 分別爲 7.66、6.89 kg ha^{-1}，二期稻作適栽的 7 月份則分別爲 7.36、6.47 kg ha^{-1}，產量較低之 11–12 月份 FGY 介於 3.98–4.47 kg ha^{-1}、DGY 介於 3.11–3.59 kg ha^{-1}。

收集試驗期間位於試區鄰近之農業氣象一級測站氣象資料，篩選其中之日平均氣溫 (DMAT)、日射量 (IR)、日照時數 (DSH)、日降水 (雨) 量 (DP) 及日蒸發量 (DE) 等五項氣象因子，並計算其等在各栽培季節的累積量 (即 A_{DMAT}、A_{IR}、A_{DSH}、A_{DP} 及 A_{DE}) 合併產量資料繪製分佈圖 (圖 1)，可瞭解試驗期間各參數之高低變化。將這七項參數進行相關矩陣分析，結果如表 2，可發現霧峰地區之 A_{DMAT} 與 A_{IR} (r = 0.976***)、A_{DSH} (r = 0.764**) 呈極顯著正相關，A_{DSH} 與 A_{IR} (r = 0.785**) 亦呈顯著正相關，A_{DP} 與 A_{DSH} (r = -0.691*) 則爲顯著負相關，而 FGY 和 DGY 與 A_{IR} (r 分別爲-0.801**、-0.816**)、A_{DMAT} (r 分別爲-0.700*、-0.724*)、A_{DSH} (r 分別爲-0.716*、-0.758*) 之間均爲顯著負相關。

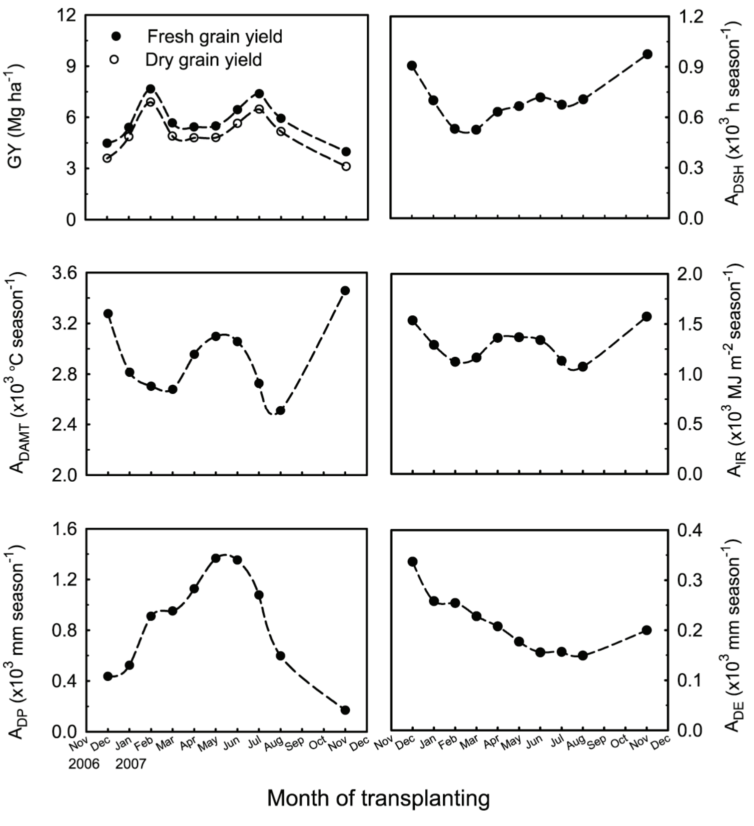

圖 1. 從 2006 年 12 月至 2007 年 11 月期間栽植於農委會農業試驗所農場之水稻品種台農 71 號於不同栽培季節之穀粒產量 (GY)、累積日平均氣溫 (A_{DMAT})、累積日射量 (A_{IR})、累積日照時數 (A_{DSH})、累積日降水量 (A_{DP}) 及累積日之蒸發量 (A_{DE}) 之分佈圖示。

Fig. 1. The distribution of grain yields (GY) of rice cv. TNG 71 and seasonal accumulated values of daily mean air temperature (A_{DMAT}), daily irradiance (A_{IR}), daily sunshine hours (A_{DSH}), daily precipitation (A_{DP}), and daily evaporation (A_{DE}) collected from fields of rice planted at different months from December 2006 to November 2007.

為瞭解影響產量表現之氣象變因與產量間之互動關係，乃繪製 FGY 和 DGY 與 A_{IR} 之相關曲線，如圖 2 所示，以說明其等之相關分佈。由圖 2 可知，無論 FGY 或 DGY 皆與 A_{IR} 呈現直線負相關變化，全生育期累積日射量愈高則產量愈低。

將這五項氣象變因與水稻生產有關性狀 (PI、HI、FGY、DGY 等) 進行多元線性複迴歸分析，結果列於表 3。其中，包括 A_{IR} 及 A_{MDAT} 等兩項氣象變因之最佳二元直線迴歸方程式，分別可解釋 82.2% (P = 0.002) PI 指數及 82.3% (P = 0.002) HI 指數之變異範圍。而包括 A_{IR}、A_{DMAT} 及 A_{DE} 等三項氣象變因之最佳三元直線複迴歸方程式，則分別可解釋 81.4% (P = 0.013) FGY 及 81.0% (P = 0.014) DGY 之產量變異範圍。

討　論

栽植於不同月份之水稻將經歷獨特的栽培季節及氣象環境，除了將造成稻株生理代謝上的差別之外，也將會在土壤有機物質分解、病蟲害發生時期、種類與流行、逆境危害及災情損失等各方面形成差異，因而對生產帶來不等程度的影響。本文研究利用逐月田間栽植一批的週年栽培方式來產生多種氣

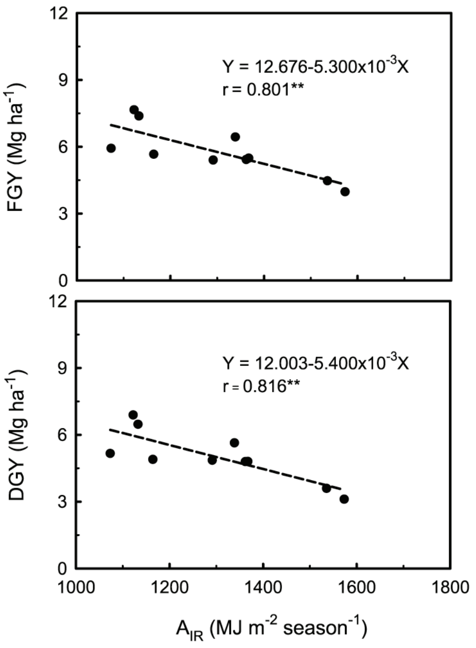

圖 2. 從 2006 年 12 月至 2007 年 11 月期間栽植於農委會農業試驗所農場之水稻品種台農 71 號於不同栽培季節收獲穀粒鮮產量 (FGY)、穀粒乾產量 (DGY) 與全生育期累積日射量 (A_{IR}) 之相關圖示。

Fig. 2. The correlations between fresh grain yield (FGY) and dry grain yield (DGY) of rice (*Oryza sativa* cv. TNG71) and seasonal accumulated daily irradiance (A_{IR}) collected from the fields of rice planted at different months from December 2006 to November 2007.

表 2. 氣象變因與水稻品種台農 71 號穀粒鮮產量、穀粒乾產量之間相關矩陣分析結果

Table 2. The correlation matrix obtained from analyzing climatic factors and fresh grain yield and dry grain yield of rice (*Oryza sativa* cv. TNG71)

Variable [z]	FGY	DGY	A_{DMAT}	A_{DP}	A_{DSH}	A_{IR}	A_{DE}
FGY	1						
DGY	0.995*** [y]	1					
A_{DMAT}	-0.700*	-0.724*	1				
A_{DP}	0.576	0.599	-0.296	1			
A_{DSH}	-0.716*	-0.758*	0.764**	-0.691*	1		
A_{IR}	-0.801**	-0.816**	0.976***	-0.376	0.785**	1	
A_{DE}	-0.336	-0.331	0.272	-0.433	0.185	0.378	1

[z] FGY: fresh grain yield (Mg ha^{-1}); DGY: dry grain yield (Mg ha^{-1}); A_{IR}: Seasonal accumulated daily irradiance (MJ m^{-2} season^{-1}); A_{DMAT}: seasonal accumulated daily mean air temperature (℃ season^{-1}); A_{DP}: seasonal accumulated daily precipitation (mm season^{-1}); A_{DSH}: Seasonal accumulated daily sunshine hours (h season^{-1}); A_{DE}: Seasonal accumulated daily evaporation (mm season^{-1}).

[y] ***, **, *: Significant at 0.001, 0.01, and 0.05 levels, respectively.

表 3. 利用氣象變因建立估測水稻品種台農 71 號生產指數與收穫指數之最佳二元直線複迴歸方程式及估測穀粒鮮產量與穀粒乾產量之最佳三元直線複迴歸方程式

Table 3. The best two-variable multiple linear regression (MLR) equations for estimating production index and harvest index and the best three-variable MLR equations for estimating fresh grain yield and dry grain yield of rice (*Oryza sativa* cv. TNG71), using weather data collected during the growing seasons

	$Y = a + a_1 A_{IR} + a_2 A_{DMAT} + a_3 A_{DP}$ [z]						
Item	a	a_1	a_2	a_3	R^2	$C_{(p)}$	P
Production index	1.782	-4.430×10^{-3}	1.700×10^{-2}		0.822	0.061	0.002
Partial-R^2		0.713	0.109				
Harvest index	0.757	-1.060×10^{-3}	3.766×10^{-2}		0.823	0.298	0.002
Partial-R^2		0.745	0.078				
Fresh grain yield	7.201	-1.399×10^{-2}	5.530×10^{-3}	6.113×10^{-4}	0.814	3.809	0.013
Partial-R^2		0.642	0.141	0.031			
Dry grain yield	7.288	-1.17×10^{-2}	4.190×10^{-3}	7.600×10^{-4}	0.810	3.195	0.014
Partial-R^2		0.661	0.101	0.048			

[z] A_{IR}: seasonal accumulated daily irradiance (MJ m^{-2} $season^{-1}$); A_{DMAT}: seasonal accumulated daily mean air temperature (℃ $season^{-1}$); A_{DP}: seasonal accumulated daily precipitation (mm $season^{-1}$).

象環境組合，據以分析各氣象變因之相關性及對水稻生產之效應。由表 1 顯示，試驗期間水稻品種台農 71 號之生育日數介於 102–170 天，惟從晚秋 (11 月) 至晚冬 (2 月) 的栽培季節，則由於較低的氣溫及光照 (圖 1) 使其移植至 50%抽穗所需日數增長為 87–130 天，至收穫所需日數更延長為 127–170 天。當稻株處於較低氣溫及較少日射量環境下，將會明顯延長參試稻種台農 71 號之生育日數及達稻抽穗所需日數。在霧峰地區一、二期稻作栽植適期的 2 月及 7 月，至 50%抽穗所需日數分別為 78 天、68 天，至收穫所需日數則分別為 114 天、104 天，顯見二期稻作較一期稻作提前 10 天採收 (表 1)。

續由表 1 可知，試驗的 10 個栽培季節期間，平均 FGY 及 DGY 分別為 5.78、5.02 kg ha^{-1}。而無論 FGY 或 DGY，均以一期稻作適栽的 2 月份最高 (分別為 7.66、6.89 kg ha^{-1})，其次為二期稻作適栽的 7 月份 (分別為 7.36、6.47 kg ha^{-1})；11–12 月份栽植者之產量最低，FGY 介於 3.98–4.47 kg ha^{-1}、DGY 介於 3.11–3.59 kg ha^{-1}。顯然的，水稻品種台農 71 號係配合慣行兩期稻作栽培制度選育而成，因此在週年栽培下出現雙峰曲現。又 10 個栽培季節的平均 FGY 為 5.78 kg ha^{-1}，相較於 2 月份最大值 7.66 kg ha^{-1}，其可能增產幅度為 30%，而相較於 11 月份最低值 3.98 kg ha^{-1}，其可能減產幅度亦為 30%。由知栽培季節的是否合適，確實會顯著影響稻株的生育，乃至於生產潛力的發揮，而其中的氣象環境優劣係重要關鍵。

本研究於是計算試區鄰近氣象測站收集之日平均氣溫 (DMAT)、日射量 (IR)、日照時數 (DSH)、日降水 (雨) 量 (DP) 及日蒸發量 (DE) 等五項氣象因子在各栽培季節的累積量，期由全生育期累積量 (即 A_{DMAT}、A_{IR}、A_{DSH}、A_{DP} 及 A_{DE} 相) 及產量資料之相關矩陣分析，比較氣象變因之相互關係及其等對產量之影響。由表 2 之分析結果，發現霧峰地區之 A_{DMAT} 與 A_{IR} (r = 0.976***)、A_{DSH} (r = 0.764**) 呈極顯著正相關，A_{DSH} 與 A_{IR} (r = 0.785**) 亦為極顯著正相關，而 A_{DP} 與 A_{DSH} (r = -0.691*) 則呈顯著負相關。顯然霧峰地區水稻全生育期累積的日平均氣溫分別與日射量、日照時數密切相關，而且日照時數之長短也明顯影響日射量與蒸發量之高低。此外，FGY 和 DGY 與 A_{IR} (r 分別為 -0.801**、-0.816**)、A_{DMAY} (r 分別為-0.700*、-0.724*)、A_{DSH} (r 分別為-0.716*、-0.758*) 之間皆呈現顯著負相關，顯示水稻生期間累積的日

射量、平均氣溫及日照時數的多寡皆可個別影響水稻的產量表現。

Yang (1994) 之研究指出，在一、二期作適栽月份之稻穀產量與全生育期累積日射量、累積氣溫之間爲直線正相關，較多日射量及較高積溫有利於水稻生產。本研究則採用週年栽培試驗，試驗期間包含適栽與非適栽季節資料，發現 A_{IR}、A_{DMAT} 及 A_{DSH} 等三氣象變因與產量之間均爲直線負相關，其可能原因在於栽培環境的低氣溫明顯延長生育日數所致，因此低氣溫栽培環境累加較高的全生育期累積日射量、累積氣溫及累積日照時數，使得與產量之關係轉爲負相關。據此，欲以單一氣象變因 (如圖 2 所示之全生育期累積日射量) 解釋水稻生產之變化，必須說明試驗方法及資料計算方式，以免誤導結果。試驗資料若改以有效積溫或僅採用適栽季節、特定生育時期部分，結果可能不同。其次，單一氣象變因通常僅能解釋部分氣象影響機制，如本研究結果可解釋的變異範圍不及 70%，應當加上其他氣象變因及各生育階段氣象狀態綜合說明之。

許多研究 (Huang 1979; Liu *et al*. 1984; Wu *et al*. 1975) 均歸結氣象因子的影響，乃造成國內一、二期稻作產量差異的最根本原因，本試驗從週年栽培試驗亦獲得類似結果，前述個別氣象變因 A_{IR}、A_{DMAT}、A_{DSH} 即可明顯影響產量高低。Tsai *et al*. (1984) 利用遮陰處理降低日射量強度，發現在營養生長期可延遲稻株抽穗，在穗形成期間更可能影響產量構成要素。光照不足對水稻生長與產量之潛在效應，除了日射量偏低情形，日照時數短缺是另一可能。本試驗則顯示日照時數與產量之間爲直線負相關，由於前項試驗係人爲遮光處理、後項試驗爲自然環境，而且單一氣象變因並無法充分解釋試驗結果，其因果關係仍待釐清。在氣溫因素上，Li & Hou (1999) 發現花蓮地區一期稻作幼穗發育期之短期 (7 天) 低溫 (13.6–18.1℃)，使得穀粒充實不良，無論早、中、晚熟型稻種皆出現減產現象。Lin (1974) 在嘉南地區一期稻作、Lin *et al*. (1995) 在桃園地區二期稻作之試驗結果亦指出，孕穗期連續數日 20℃以下的低溫，使得稻穀稔實率下降而導致減產。

接著將前述五項氣象變因與水稻生產有關性狀 (PI、HI、FGY、DGY 等) 進行多元線性複迴歸分析 (表 3)，建立以氣象變因估測產量之多元線性複迴歸方程式 (模式)，並解釋氣象變因對水稻生產有關性狀之影響。分析結果如表 3，影響稻株 PI 與 HI 之主要氣象變因爲 A_{IR} 及 A_{MDAT} 等兩項，合併可分別解釋高達 82.2% ($P = 0.002$) 與 82.3% ($P = 0.002$) 之指數變異範圍，其中又以 A_{IR} (partial-R^2 分別爲 0.713、0.745) 爲最主要之單項氣象變因。FGY 和 DGY 則均以 A_{IR}、A_{DMAT} 及 A_{DE} 爲主要氣象變因，合併可分別解釋 81.4% ($P = 0.013$) 及 81.0% ($P = 0.014$) 之產量變異範圍，亦以 A_{IR} 爲最主要之單項氣象變因 (partial-R^2 分別爲 0.642、0.661)，其次依序爲 A_{DMAT}、A_{DE}。試驗結果顯示，生長於霧峰地區之台農 71 號水稻品種，以 A_{IR}、A_{DMAT} 及 A_{DE} 爲決定產量最主要之氣象變因，經由量測日射量、日平均氣溫及日蒸發量在全生育期累積量即可粗估生產表現。本項研究將持續第二週年栽培循環，並於一、二期稻作栽植適期前後另予多次栽培，收集更多、更廣之氣象環境組合來進一步釐清栽培季節氣象環境對水稻生產之影響。

引用文獻 (Literature cited)

Chang, F. M., C. M. Yang, K. Y. Hong, Y. M. Shy, F. H. Hsu, R. H. Buu, and W. W. King. 2002. Analysis of climatic factors on forage yield of pangolagrass. J. Agric. Res. China 51(1):15–24. (in Chinese with English abstract)

Hsieh, S. C. and D. J. Liu. 1979. The Causes of Low Yielding of the Second Crop Rice in Taiwan and the Measures for Improvement. Natl. Sci. Counc. Symp. Ser. 2. Natl. Sci. Counc. Taipei. 271 pp. (in Chinese with English abstract)

Hsu, H. H. and C. T. Chen. 2002. Observed and projected climate change in Taiwan. Meteorol. Atmos. Phys. 79:87–104. (in Chinese with English abstract)

Huang, C. S. 1979. Causes of low yielding of the second crop rice in Taiwan. p.28–36. *in*: The Causes of Low Yielding of the Second Crop Rice in Taiwan and the Measures for Improvement. (S. C. Hsieh and D. J. Liu, eds.) Natl. Sci. Counc. Symp. Ser. 2. Natl. Sci. Counc. Taipei. (in Chinese with English abstract)

Lai, M. H., C. P. Li, C. S. Tseng, H. J. Huang, C. G. Chern, and Y. C. Kuo. 2001. Development of aromatic rice variety Tainung 71 (Yihchuan aromatic rice). J. Agric. Res. China 50(2):1–11. (in Chinese with English abstract)

Lee, C. Y. and F. F. Hou. 1999. The effect of low temperature during young panicle development stage on the growth and grain yield in rice (*Oryza sativa* L.). Chinese J. Agromet. 6(4):149–158. (in Chinese with English abstract)

Lee, Y. J., C. M. Yang, K. Y. Hong, and F. H. Hsu. 2004. Modeling climatic effects on forage production of *Acroceras macrum*. Crop Environ. Bioinform. 1:39–46.

Li, C. L. 1990. Prediction of Rice Yield by the Influence of Meteorological Factors on Yield Components. Master thesis. Natl. Chung Hsing Univ. Taichung, Taiwan, ROC. 92 pp. (in Chinese with English abstract)

Lin, S. H. 1974. Low temperature effects on physiological mechanism of the occurrence of empty grains of rice plant. Sci. Agric. 22(9–10):342–345. (in Chinese with English abstract)

Lin, A. C. and C. S. Chen. 1976. Studies on the cause of low yielding in the second crop of rice plant. I. Comparison of the characteristic of tillering between the 1st and 2nd crops. J. Agric. Assoc. China 4(10):53–70. (in Chinese with English abstract)

Lin, A. C., L. K. Lai, and L. F. Lee. 1979. Studies on the cause of low yielding in the second crop of rice plant. IV. Comparison of the characteristics of heading and ripening process between the first and second crops of rice plant. J. Agric. Assoc. China 107:17–24. (in Chinese with English abstract)

Lin, A. C. and L. M. Hung. 1979. Studies on the cause of low yielding in the second crop of rice plant. VI. Effect of temperature and light intensity on heading and ripening of rice plant. J. Agric. Assoc. China 108: 24–38. (in Chinese with English abstract)

Lin, M. H., T. T. Huang, S. E. Chen, F. J. Lin, and S. K. Chang. 1995. Influence of climatic factors on the yield reduction of the second crop of rice in 1992 in Taoyuan area. Chinese J. Agromet. 2(2):85–91. (in Chinese with English abstract)

Liu, C., S. C. Hsieh, and M. H. Lin. 1984. Influence of climate on the yield and agronomic characters of the first and second crop rices in Taiwan. p.59–72. *in*: Regional and Seasonal Causes of Low Yield in Rice and Measures of Improvement. (D. J. Liu and S. C. Hsieh, eds.) Special Pub. No. 16. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Liu, D. J. and S. C. Hsieh. 1984. Regional and Seasonal Causes of Low Yield in Rice and Measures of Improvement. Special Pub. No. 16. Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung. 322 pp. (in Chinese with English abstract)

Lur, H. S., Y. H. Liu, and Agromet. Sec. Central Weather Bureau. 2006. Environmental challenge and strategy for quality rice culture in Taiwan. Crop Environ Bioinfom. 3:297–306. (in Chinese with English abstract)

Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush, and K. G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. PNAS 101(27): 9971–9975.

SAS Institute. 1998. SAS/STAT User's Guide. Version 8.1. SAS Inst., Cary, NC, USA.

Tang, W. T. and C. H. Kao. 1972. Growth and development of rice plants under controlled temperature conditions. II. Effects of different temperature conditions on the grain yield and agronomic characteristics of Chia-nan 8 rice plants. J. Agric. Assoc. China 77:16–25. (in Chinese with English abstract)

Tsai, J. C., M. C. Shen, C. S. Chen, and D. J. Liu. 1984. Effect of shading on the heading date, nutrient concentrations, dry matter production and yield of rice varieties. p.83–98. *in*: Regional and Seasonal Causes of Low Yield in Rice and Measures of Improvement. (D. J. Liu and S. C. Hsieh, eds.) Special Publ. No. 16. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Tsai, J. C. 1994. Studies on the relationship between rice yield of different crop seasons and climatic elements in Taiwan. p.29–48. *in* the Proceedings of the Sino-Japanese Symposium on Applications of Agrometeorology. Chinese Soc. Agromet. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Wu, H. P., I. Y. Liao, M. H. Chien, T. L. Lin, Y. S. Chen, Y. P. Wang, K. H. Tsai, L. K. Wu, W. L. Chang, F. H. Lin, and Y. L. Wu. 1975. The investigation on the causes of low yielding in the second crop of rice. Natl. Sci. Counc. Month. 3(10):5–39. (in Chinese with English abstract)

Yang, C. M. 1994. Response of rice yield in relation to solar radiation and air temperature under soil water deficits. Chinese J. Agromet. 1:27–34. (in Chinese with English abstract)

Yang, C. M. 1999. Environment and Rice Production. Taiwan Agric. Res. Inst./Chinese Soc. Agromet. Taichung Hsien. 191 pp. (in Chinese with English abstract)

Influence of Climatic Conditions on Production of Rice Cultivar TNG 71 [1]

Yuh-Jyuan Lee[2], Chwen-Ming Yang[2,3], and Chiao-Ling Hsiao[2]

Abstract

Lee, Y. J., C. M. Yang, and C. L. Hsiao. 2009. Influence of climatic conditions on production of rice cultivar TNG 71. J. Taiwan Agric. Res. 58:45–54.

This study was conducted at Agricultural Research Institute Experimental Farm, Wufeng, Taichung, Taiwan to study effects of climatic conditions on yield of rice (*Oryza sativa* L. cv. TNG 71). Rice was transplanted in paddy fields every month from December 2007 to January–August and November 2007 to determine effects of different planting dates on grain yield. Weather data used for analyses were seasonal accumulated values of daily mean air temperature (A_{DMAT}), daily irradiance (A_{IR}), daily sunshine hour (A_{DSH}), daily precipitation (A_{DP}), and daily evaporation (A_{DE}). Results from correlation matrix between pairs of climatic variables indicated that, in Wufeng, Taichung, A_{DMAT} was positively correlated with A_{IR} (r = 0.976***) and A_{DSH} (r = 0.764**), A_{DSH} was positively correlated with A_{IR} (r = 0.785**) and A_{DP} was negatively related to A_{DSH} (r = -0.691*). Both fresh grain yield (FGY) and dry grain yield (DGY) were negatively correlated with A_{IR}, A_{DMAT}, and A_{DSH}. The correlation coefficients (r) for A_{IR}, A_{DMAT} and A_{DSH} were -0.801**, -0.700* and -0.716*, respectively, for FGY, and were -0.813**, -0.724*, and -0.758*, respectively, for DGY. Results of multiple linear regression (MLR) analyses between climatic variables and yield-related parameters, including production index (PI), harvest index (HI), fresh grain yield, and dry grain yield, showed that A_{IR} and A_{DMAT} were the two weather variables affecting PI (R^2 = 0.822, P = 0.002) and HI (R^2 = 0.823, P = 0.002), whereas A_{IR}, A_{DMAT} and A_{DE} were the three weather variables affecting FGY (R^2 = 0.814, P = 0.013) and DGY (R^2 = 0.810, P = 0.014). This study suggests that A_{IR}, A_{DMAT}, and A_{DE} are the three most critical climatic variables in determining yield of rice cultivar TNG 71 in Wufeng, Taichung, Taiwan.

Key words: Rice, *Oryza sativa* L., Climatic variables, Yield, Multivariate regression analysis, Multiple linear regression model.

---

1. Contribution No.2345 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: January 8, 2009.
2. Respectively, Assistant Researcher, Researcher, and Assistant Researcher, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, E-mail: cmyang@tari.gov.tw; Fax: (04)23317118.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):55–60 (2009)

Evaluation of In Vitro Antioxidant and Anti-Lipid Peroxidation Activities of Ching-Pien-Tsao (*Pteris multifida* Poiret) [1]

Tzu-Ching Wang[2], Hou-I Lee[3], and Chi-Ching Yang[3,4]

Abstract

Wang, T. C., H. I. Lee, and C. C. Yang. 2009. Evaluation of in vitro antioxidant and anti-lipid peroxidation activities of Ching-Pien-Tsao (*Pteris multifida* Poiret). J. Taiwan Agric. Res. 58:55–60.

The total antioxidant capacity (TAC), scavenging ability on 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) and superoxide anions, chelating effect on copper ions, and anti $FeCl_2/H_2O_2$-stimulated linoleic acid peroxidation of aqueous extract of *Pteris multifida* Poiret (AEPM), were determined in vitro. Results indicated that the AEPM showed a high TAC (86.7% at 20 mg/mL) with ferric thiocyanate method and exhibited the highest Trolox equivalent antioxidant capacity (1.42 mM at 10 mg/mL). The scavenging ability on superoxide anion and chelating effect on copper ions of AEPM were 95.4% and 44.7% at 20 mg/mL, respectively. The linoleic acid peroxidation inhibition percentage was increased with increasing concentrations and the IC_{50} was 1000 ± 42 μg/mL.

Key words: *Pteris multifida* Poiret, Antioxidant, Anti-lipid peroxidation activity.

Introduction

The herb *Petris multifida* Poiret, commonly called Ching-Pien-Tsao in China, is one of the folk medicines and also the most widespread used material in herb beverages in Taiwan (Cheng 2006). *P. multifida* Poiret has various flavonoids and possesses antipyretic, detoxified, antibiotic, anti-inflammation and antimutagenic activities (Lee & Lin 1988). *P. multifida* Poiret has been reported in traditional Chinese medicine books and in clinical application in Taiwan to be extensively used to treat various symptoms such as heat-shock. In the present study, in vitro antioxidant properties of aqueous extracts of *P. multifida* Poiret (AEPM) were assayed in terms of antioxidant activity by the ferric thiocyanate method, scavenging abilities on superoxide anion, 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{\cdot+}$), chelating ability on copper ions and anti $FeCl_2/H_2O_2$-stimulated linoleic acid peroxidation.

Materials and Methods

Chemicals

The chemicals which were used in this study including ascorbic acid, 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{\cdot+}$), butylated hydroxyanisol (BHA), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), linoleic acid, β-nicotinamide adenine dinucleotide, nitro blue tetrazolium, phenazine methosulfate, potassium persulfate, tetramethyl murexide, thiobarituric acid, α-tocopherol (Sigma Chemical Company, USA) and ammonium thiocyanate, chloroform, copper sulfate, ferrous chloride, potassium persulfate, trichloroacetic acid (E. Merck Inc., Germany).

---

1. Contribution NO. 2346 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: January 14, 2009.

2. Assistant Researcher, Department of Management and Utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Doctoral Student, Professor, Department of Food Science and Technology, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu Hsiang, Pingtung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: yangcc.tw@gmail.com; Fax: (08)7740378.

Preparation of aqueous extract of *Pteris multifida* Poiret (AEPM)

P. multifida Poiret was obtained from a local herb store and the voucher specimens were deposited in the herbarium of Faculty of Pharmacy, College of Pharmacy, Kaohsiung Medical University (Kaohsiung, Taiwan). For the aqueous extract preparation, whole plant was freeze-dried after washing, ground into powder and through a sieve (40-mesh) and then 100 g powder was boiled with 1 L of deionised water for 1 h, for a total of three times. The decoction was filtered, lyophilized, and kept at -20°C until use. The yield of AEPM was 5.34%.

Evaluation of total antioxidant activity of AEPM

The total antioxidant capacity (TAC) of AEPM was determined according to the method of Mitsuda *et al.* (1966). AEPM (0.5 mg) in 0.5 mL of deionised water were mixed with linoleic acid emulsion (2.5 mL, 0.02 M, pH 7.0) and phosphate buffer (2 mL, 0.2 M, pH 7.0). The mixed solution in a test tube was incubated at 37℃, and the peroxide value was determined by reading the absorbance at 500 nm after color development with ferrous chloride and ammonium thiocyanate at intervals during incubation. All test data are the average of triplicate analyses. The TAC was calculated as follows: TAC (%) = $[1 - (\Delta A_{500,\ sample})/(\Delta A_{500,\ control})] \times 100$. Butylated hydroxyanisol (BHA), ascorbic acid and α-tocopherol were used as controls.

Determination of Trolox equivalent antioxidant capacity of AEPM

The determination of $ABTS^{\cdot+}$ radical scavenging of AEPM was carried out as described by Re *et al.* (1998). The $ABTS^{\cdot+}$ radical was generated by reacting an $ABTS^{\cdot+}$ (7 mM) aqueous solution with potassium persulfate (2.45 mM, final concentration) in the dark for 12–16 h, at ambient temperature, and adjusting the Abs 734 nm to 0.700 (± 0.020) at 30℃. AEPM was diluted and a 10.0 mL sample when added to 1.0 mL $ABTS^{\cdot+}$ resulted in inhibition of the blank absorbance. After 1.0 mL $ABTS^{\cdot+}$ was added to 10.0 mL AEPM or Trolox standards, the absorbance at 734 nm was recorded 1 min after initial mixing and subsequently (for 10 min). All test data are the average of triplicate analyses. The Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) was calculated against a Trolox calibration curve. Ascorbic acid and α-tocopherol were used as controls.

Investigation of scavenging effect on superoxide anions of AEPM

The scavenging effect on superoxide anions of AEPM was determined according to the method of Robak & Gryglewski (1988). The reaction mixture, which contained 1.0 mL of AEPM (1–20 mg/mL) in deionised water, 1.0 mL of 120 μM phenazine methosulfate in phosphate buffer (0.1 M, pH 7.4), 1.0 mL of 936 mM β-nicotinamide adenine dinucleotide in phosphate buffer, and 1.0 mL of 300 μM nitro blue tetrazolium in phosphate buffer, was left standing at ambient temperature for 5 min, and the absorbance was measured at 560 nm against blank solution. All test data are the average of triplicate analyses. The percentage of scavenging effects (%) was calculated as follows: scavenging effect, $_{superoxide\ anion}$ (%) = $[1 - (\Delta A_{560,\ sample})/(\Delta A_{560,\ control})] \times 100$. BHA and α-tocopherol were used as controls.

Assay of chelating ability on copper ions of AEPM

Chelating ability on copper ions of AEPM was determined according to the method of Shimada *et al.* (1992). To 2.0 mL of the mixture consisting of 30 mmol/L hexamine, 30 mmol/L potassium chloride and 9 mmol/L copper sulfate was added to AEPM (0–20 mg/mL for copper ions) in 2 mL of deionised water and 0.2 mL of 1 mmol/L tetramethyl murexide. After 3 min at ambient temperature, the absorbance of the mixture was determined at 485 nm against a blank. All test data are the average of triplicate analyses. The percentage of chelating effects (%) was calculated as follows: chelating effect, $_{copper\ ions}$ (%) = $[1 - (\Delta A_{485,\ sample})/(\Delta A_{485,\ control})] \times 100$. Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) and ascorbic acid were used as controls.

Evaluation of anti-lipid peroxidation activity of AEPM

The effect of anti-$FeCl_2/H_2O_2$-stimulated linoleic acid peroxidation of AEPM was determined by the method of Tamura & Shibamoto (1991). AEPM (0–1000 μg/mL) were added to a solution of 0.1 mol/L linoleic acid (0.2 mL), 2.0 mmol/L $FeCl_2(H_2O)_4$ (0.2 mL), 2.0 mmol/L H_2O_2 (0.2 mL) and 0.2 mol/L phosphate buffer (pH 7.4, 5 mL). The reaction mixture was incubated at 37℃ for 24 h. After incubation, 0.2 mL BHA (20 mg/mL), 1.0 mL thiobariturIc acid (10 mg/mL) and 1.0 mL trichloroacetic acid (100 mg/mL) were added to the mixture, which was heated for 30 min in a boiling water bath. After cooling, 5.0 mL chloroform was added and the mixture was centrifuged at 1000× *g* to give a supernatant. The absorbance of supernatant was measured spectrophotometrically at 532 nm. All test data are the average of triplicate analyses. The inhibition of $FeCl_2/H_2O_2$-stimulated linoleic acid peroxidation (%) was calculated as follows: inhibition of peroxidation, $_{linoleic\ acid}$ (%) = $[1 - (\Delta A_{532,\ sample})/(\Delta A_{532,\ control})] \times 100$. The 50% of inhibitory concentration (IC_{50}) was also measured. BHA and α-tocopherol were used as controls.

Statistical analysis

Data represent the mean ± S. D. and differences from the treatment group mean were determined by ANOVA followed by Duncan's multiple range test. A value of $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results and Discussion

The in vivo toxicological study was done by 28-day oral administration of AEPM on rats in our previous report (Wang *et al.* 2007a). In that research, no oral toxicity or side effect of AEPM on rats was found. Base on the investigation, it seems that AEPM was safety when administrated by oral. On the other hand, it is well-known a steady health condition which balance between oxides and antioxidants in organism (McCord 1994). Unfortunately, the organism antioxidant system usually not prefect to inhibit oxidative damages and these damages are correlated to chronic disease such as cancer and cardiovascular disease (Ames 1989).

Excessive free radicals are produced during oxidative stress and to cause damage to biomolecules. Antioxidant studies indicated that AEPM should possess the ability of inhibiting free radical formation or scavenging free radical. AEPM showed a rapid, dose-dependant and increase tendency of TAC (86.7% at 20 mg/mL) and as equal as ascorbic acid at 10 mg/mL (Fig. 1); however, BHA significantly exhibited the highest ($P < 0.05$) inhibition ability at very low concentrations (0.1–0.5 mg/mL). Superoxide anion is one of the most important reactive oxygen in living cells and possesses very strong oxidative ability and can cause huge damages to cells (Halliwell & Gutteridge 1990). AEPM also exhibited high scavenging superoxide anion ability (95.3% at 20 mg/mL) though lower than that of α-tocopherol and BHA (Fig. 2). $ABTS^{\cdot+}$ is one of positive free radicals and could be quenched by α-tocopherol, and the TEAC assay is a simple and quick detection method for $ABTS^{\cdot+}$ (Arts *et al.* 2004). AEPM could scavenge $ABTS^{\cdot+}$ radical cation, the TEAC value of AEPM was equal to 1.42 mM Trolox at 10 mg/mL and was significant higher ($P < 0.05$) than that of Trolox, α-tocopherol and ascorbic acid, respectively (Fig. 3). Transition metal ions, such as copper ions, are known to catalyze the formation of free radicals and a minority of metal ions could accelerate the lipid peroxidation was reported (Gordon 1996). The chelating effect on copper ions of AEPM were increased with increasing concentrations and exhibited 44.7% chelating ability at 20 mg/mL and much higher ($P < 0.05$) than that of ascorbic acid though poor than EDTA at all tested concentrations (Fig. 4). In $FeCl_2/H_2O_2$-stimulated linoleic acid peroxidation system, the IC_{50} value of AEPM was 1000 ± 42 μg/mL and significant lower ($P < 0.05$) than that of BHA (Fig. 5); however, the α-tocopherol exhibited a pro-oxidant activity at lower concentrations (between 100–600 μg/mL) and its inhibitory effect were lower than that of AEPM at higher concentrations (above 800 μg/mL). The pro-oxidant phenomenon might come from α-tocopherol trapping

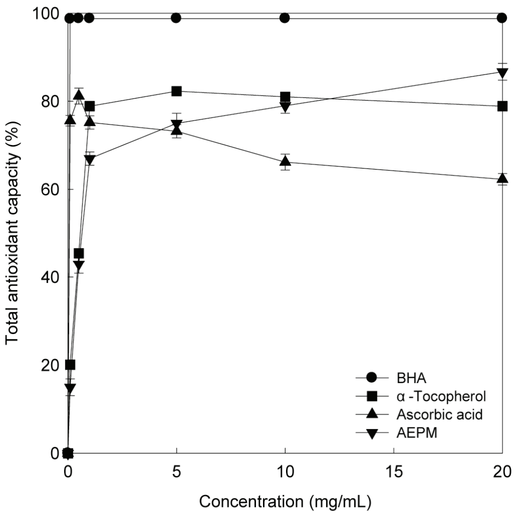

Fig. 1. The total antioxidant capacity of aqueous extracts of *P. multifida* Poiret (AEPM). Each value is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

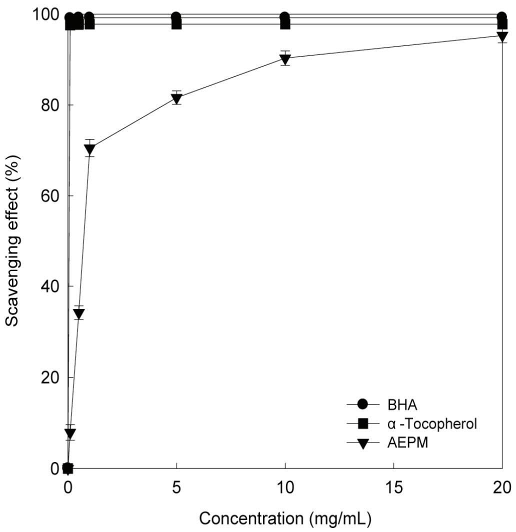

Fig. 2. Scavenging effects of aqueous extracts of *P. multifida* Poiret (AEPM) on superoxide anions. Each value is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

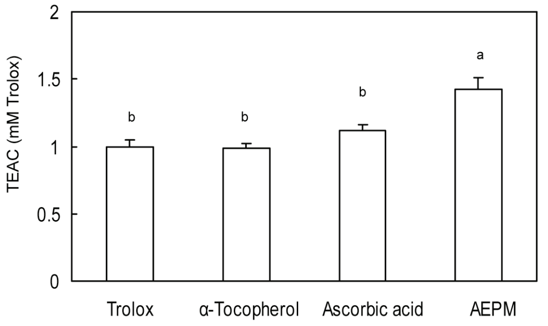

Fig. 3. The TEAC value of aqueous extracts of *P. multifida* Poiret (AEPM). The concentrations of Trolox, α-tocopherol, ascorbic acid and AEPM were 1 mM, 1mM, 1mM and 10 mg/mL, respectively. Each value is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

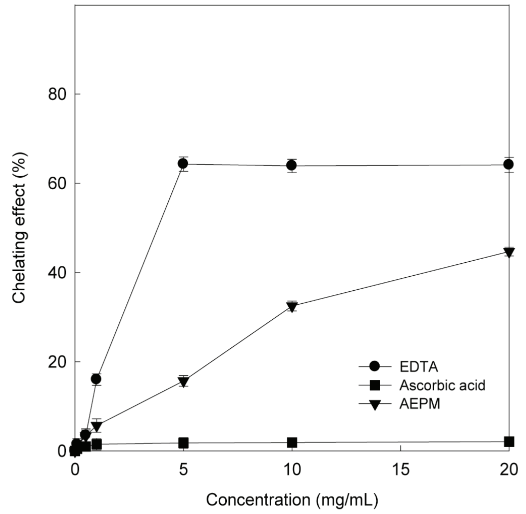

Fig. 4. Chealting effects of aqueous extracts of *P. multifida* Poiret (AEPM) on copper ions. Each value is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

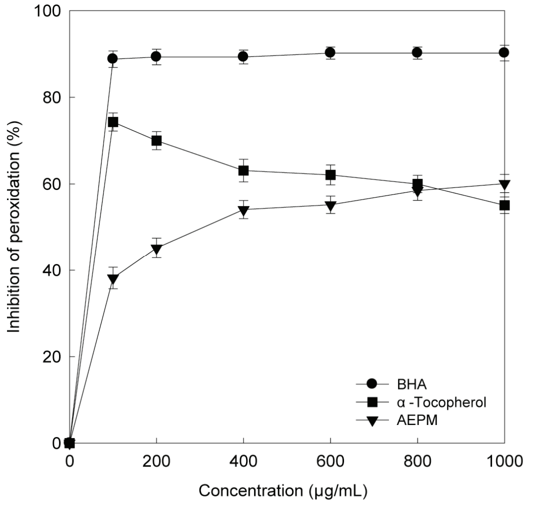

Fig. 5. Inhibition of peroxidation effect of aqueous extracts of *P. multifida* Poiret (AEPM) in $FeCl_2/H_2O_2$-stimulated linoleic acid peroxidation system. Each value is expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

hydrogen to form a new radical (Schuler 1990) and cause free radical chain reaction (Cillard & Cillard 1980).

In conclusion, many antioxidant capacities of aqueous extracts from various herbs were observed (Dorman *et al.* 2003; Kumaran & Karunakaran 2006; Chyau *et al* 2006). On the other hand, extract with water is a cheap, easy and safe method (Møller *et al* 1999) and more accordant with the actual habit, especially, it is the prior choice when developing health herb drink (Duh 1999). According to our previous report (Wang *et al* 2007b) and based on above results in this research, it could be concluded that AEPM is a potent antioxidant. The antioxidant mechanism of AEPM could be thorough scavenging free radicals, chelating transition metal ions and break chain reaction of lipid peroxidation. Meanwhile, its antioxidant activity may result from its various antioxidants, e.g. flavonoids (Lu *et al.* 1999) and phenols (Hu & Zheng 2004). Further and detailed researches, such as specific phenolic compositions and physiological functions of *P. multifida*, are going on in our laboratory.

Literature Cited

Ames, B. N. 1989. Endogenous oxidative DNA damage, aging, and cancer. Free Radic. Res. Commun. 7:121–129.

Arts, M. J. T. J., J. S. Dallinga, H. P. Voss, G. R. M. M. Haenen, and A. Bast. 2004. A new approach to assess the total antioxidant capacity using the TEAC assay. Food Chem. 88:567–570.

Cheng, C, Y. 2006. Study on the Herbal Tea of Taiwan and its Preventive and Therapeutic Effects on Warm-Hheat Diseases. Master Thesis. Beijing Univ. Chinese Med. Beijing. 62 pp.

Chyau, C. C., P. T. Ko, and J. L. Mau. 2006. Antioxidant properties of aqueous extracts from *Terminalia catappa* leaves. LWT-Food Sci. Technol. 39:1099–1108.

Cillard, J. and P. Cillard. 1980. Behavior of alpha, gamma, and delta tocopherols with linoleic acid in aqueous

media. J. Am. Oil Chem. Soc. 57:39–42.

Dorman, H. J. D., A. Peltoketo, R. Hiltunen, and M. J. Tikkanen. 2003. Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. Food Chem. 83:255–262.

Duh, P. D. 1999. Antioxidant activity of water extract of four Harng Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) varieties in soybean oil emulsion. Food Chem. 66:471–476.

Gordon, M. H. 1996. Dietary antioxidants in disease prevention. Natl. Prod. Rep. 13:265–273.

Halliwell, B. and J. M. C. Gutteridge. 1990. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. Methods Enzymol. 186:1–85.

Hu, H. B. and X. D. Zheng. 2004. Studies on the chemical compositions of *Pteris multifida* Poir. Nat. Prod. R & D. 16:1–4. (in Chinese with English abstract)

Kumaran, A. and R. J. Karunakaran. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. Food Chem. 97:109–114.

Lee, H. and J. Y. Lin. 1988. Antimutagenic activity of extracts from anticancer drugs in Chinese medicine. Mutat. Res. 204:229–234.

Lu, H. J., L. Hu, X. Zhang, and R. X. Tan. 1999. Bioactive constituents from *Pteris multifida*. Planta Med. 65: 586–587.

McCord, J. M. 1994. Free radicals and pro-oxidants in health and nutrition. Food Technol. 48:106–111.

Mitsuda, H., K. Yasumoto, and K. Iwami. 1966. Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. Eiyoto Shokuryo 19:210–214.

Møller, J. K. S., H. L. Madsen, T. Aaltonen, and L. H. Skibsted. 1999. Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. Food Chem. 64:215–219.

Re, R., N. Pellegrinni, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1998. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorisation assay. Free Radic. Biol. Med. 26:1231–1237.

Robak, J. and R. J. Gryglewski. 1988. Flavonoids are scavengers of superoxide anions. Biochem. Pharmacol. 37:837–841.

Schuler, P. 1990. Natural antioxidants exploited commercially. p.99-170. *in*: Food Antioxidants (Hudson, B. J. F., ed.) Elsevier Appl. Sci. London & New York.

Shimada, K., K. Fujikawa, K. Yahara, and T. Nakamura. 1992. Antioxidant properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. J. Agric. Food Chem. 40:945–948.

Tamura, H. and T. Shibamoto. 1991. Antioxidantive activity measurement and 4-hydroxy nonenal. J. Am. Oil Chem. Soc. 68:941–943.

Wang, T. C., Y. P. Su, T. Y. Hsu, C. C. Yang, and C. C. Lin. 2007a. 28-Day oral toxicity study of the aqueous extract from spider brake (*Pteris multifida* Poiret) in rats. Food and Chem. Toxicol. 45:1757–1763.

Wang, T. C., M. C. Ti, S. C. Lo, and C. C. Yang. 2007b. Free radical-scavenging activity of aqueous extract of *Pteris multifida* Poiret. Fitoterapia 78:248–249.

井邊草體外抗氧化與抗脂質過氧化活性之評估[1]

王子慶[2] 李後易[3] 楊季清[3,4]

摘 要

王子慶、李後易、楊季清。2009。井邊草體外抗氧化與抗脂質過氧化活性之評估。台灣農業研究 58:55–60。

本研究藉由硫氰酸鐵法、清除 2,2’-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{\cdot +}$)、超氧陰離子、螯合銅離子與抑制 $FeCl_2/H_2O_2$ 所誘導之亞麻油酸過氧化等方法，評估井邊草水萃取物 (aqueous extract of *P. multifida* Poiret, AEPM) 體外總抗氧化能力 (total antioxidant capacity, TAC) 與抗脂質過氧化活性。結果顯示，AEPM 具有高 TAC (在 20 mg/mL 濃度下之 TAC 為 86.7%) 與最高之水溶性維他命 E (Trolox) 等價抗氧化能力 (在 10 mg/mL 濃度下為 1.42 mM)。AEPM 濃度為 20 mg/mL 時，清除超氧陰離子與螯合銅離子之能力分別為 95.4%及 44.7%，亞麻油酸脂質過氧化抑制率則會隨著濃度之增加而增加，其 IC_{50} 是 1000 ± 42 μg/mL。

關鍵詞：井邊草、抗氧化、抗脂質過氧化活性。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2346 號。接受日期：98 年 1 月 14 日。
2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所經營利用系助理研究員。台灣 高雄縣 鳳山市。
3. 國立屏東科技大學食品科學系博士生、教授。台灣 屏東縣 內埔鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：yanngcc.tw@gmail.com；傳真機：(08)7740378。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(1):61–71 (2009)

利用葉綠體 matK 基因序列分析原生石斛蘭之遺傳歧異度[1]

李文立[2] 李碩朋[2,5] 陳甘澍[2] 林榮貴[2] 劉政道[2] 戴廷恩[3] 鍾仁彬[4]

摘　要

李文立、李碩朋、陳甘澍、林榮貴、戴廷恩、鍾仁彬。2009。利用葉綠體 matK 基因序列分析石斛蘭遺傳歧異度。台灣農業研究 58:61–71。

自不同原生石斛蘭基因組 DNA 中選殖葉綠體 matK 的基因片段經定序後比較其相似度，據以做為不同原生石斛蘭之親緣分析與分類依據，以 matK 基因序列分析結果顯示：各石斛蘭間的相似度介於 91.1 至 99.7%，顯示石斛蘭種間 matK 基因序列保守性高。細莖石斛 (*Dendrobium leptocladum*) 與其它參試石斛蘭之平均相似度為 91%，是差異性最大者；三星石斛 (*Epigeneium sanseiense*) 與連珠石斛 (*E. nakaharaei*) 二者間的相似度最高，達 99.7%，經由 matK 基因序列分析結果可將參試石斛蘭分為 4 個群，其中第 1 群的遺傳距離為 0.003，第 2 群的遺傳距離則介於 0.020–0.012 之間；第 3 群的離散度較大，遺傳距離介於 0.038–0.016 之間，而細莖石斛 (*D. leptocladum*) 因為 DNA 缺失變異較多而與其他石斛蘭間差異性最大，遺傳距離介於 0.089–0.074 之間，故被單獨歸類成第 4 群，本種也是台灣原生石斛特有種。

關鍵詞：石斛蘭、葉綠體、基因、遺傳、親緣分析。

前　言

石斛蘭屬 (*Dendrobium*) 為蘭科第二大屬植物，原生於亞洲地區，在中國、印度、日本、韓國、印尼、菲律賓、澳洲及台灣等地均有發現。本屬植物對環境適應性極廣，具有各式各樣外部形態及花型，約有 1000 種以上，不僅分佈在高溫多濕的熱帶，也著生於海邊樹林或喜馬拉雅山區，是適應性廣泛，生性強健的附生型蘭花 (Schelpe & Stewart 1995; Kamemoto *et al*. 1999; Lavarack *et al*. 2000)。台灣本島與離島之蘭嶼、綠島地區共有 12 種原生石斛蘭，多數著生在 alt. 100 m 到 2100 m 處之樹幹或樹冠層中 (Lavarack *et al*. 2000; Su *et al*. 2000)。由於本屬植物對環境及氣候適應性良好，在不同海拔高度也能正常生長，除具觀賞價值外，少數

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2347 號。接受日期：98 年 1 月 23 日。
2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系助理研究員、助理研究員、研究員兼分所長、副研究員兼系主任、前研究員兼分所長。台灣 高雄縣 鳳山市。
3. 本所花卉研究中心副研究員。台灣 雲林縣 古坑鄉。
4. 私立明道大學助理教授。台灣 彰化縣 埤頭鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：shoughpeng@fthes-tari.gov.tw；傳真機：(07)7315590。

品種並爲傳統中醫使用之藥材 (Li 2007)。其中紅鸝石斛 (*D. falconeri*) 及紅花石斛 (*D. miyakei*)，因花色豔麗，觀賞價值高，受一般栽培者之喜愛 (圖 1)；黃花石斛 (*D. tosaense*)、白花石斛 (*D. moniliforme*) 被認爲具有眼疾的醫療價值，目前正由陽明大學等學術單位進行相關研究。原生石斛蘭因爲種類多且雜，因此在分類上，屬 (genus) 以下分有亞屬 (subgenus)、節 (section)、群 (group) 等，有些種類因生長環境之變化及造成外部形態之差異，辨識不易甚至造成誤判，使一些石斛蘭種 (species) 的分類地位仍未確定。

色素體 (plastid) 爲植物細胞中一群具有雙層膜與分裂增殖特性的胞器，一般認爲與細胞核有相同的遺傳特性，常被應用於演化推論 (Howe 1996; Bodyl 1999; Zerges 2002) 及親緣性分析 (Delwiche & Palmer 1996; Margulis & Obar 1985; Martin *et al*. 1998; Raven 1970) 的研究上。在這些研究中，最常被應用於親緣分析的是 matK 基因，該基因長度約爲 1500 bp，位於葉綠體 trnK 基因的插入子 (intron) 區域 (Hilu & Liang 1997)，是葉綠體基因組中演化最快速的編碼區域 (Neuhaus & Link 1987; Olmstead & Palmer 1994)，適合做爲植物親緣分析的對象 (Sang *et al*. 1997)。

本研究係利用植物葉綠體 matK 基因的核苷酸序列進行原生石斛蘭親緣關係分析，有助於釐清不同種間親緣與演化關係之界定，除了可作爲分群或分類之依據外，特定之 DNA 序列，經確證後更可作爲種原鑑別之用。

材料與方法

試驗材料

本試驗所使用的植物材料多數取自台灣本島與離島之蘭嶼、綠島地區，包括長距石斛 (*D. chameleon*)、鴿石斛 (*D. crumenatum*)、燕石斛 (*D. equitans*)、紅鸝石斛 (*D. falconeri*)、大雙花石斛 (*D. furcatopedicellatum*)、紅花石斛 (*D. miyakei*)、白石斛 (*D. moniliforme*)、細莖石斛 (*D. leptocladum*)、連珠石斛 (*Epigeneium nakaharaei*) 及三星石斛 (*E. sanseiense*) 等 10 種、另有取自印尼之菲律賓燕石斛 (*D. batanense*) 1 種、菲律賓的扁石斛 (*D. lamellatum*) 與鞭尾石斛 (*D. junceum*) 等 2 種及泰國的流蘇石斛 (*D. fimbriata*) 1 種，合計 14 種原生石斛蘭，所有參試植物材料來源詳如表 1。

試驗方法

植物形態及園藝性狀調查

分別調查並紀錄上述 14 種原生石斛蘭試驗材料的株高、葉片大小、葉片形態、花朵大小、花色、香味、開花期等項目，作爲種原特性及育種之基本資料。

DNA 萃取與純化

DNA 萃取方法爲秤取 0.3 g 嫩葉，加入液態氮，再磨碎成粉狀。加入 2 mL 萃取液 (TNE buffer 2.0 mL, 20% SDS 112.5 μL, 2-Mercaptoethanol 7.5 μL)，經 65℃水浴及離心 (13,000 rpm 4℃，15 min) 後取上澄液加入等量 phenol/chloroform，去除蛋白質，離心 (12,000 rpm, 10 min) 後取上澄液，以異丙醇 (isopropanol) 沈降 DNA，再經 70% EtOH 清洗乾燥後將 DNA 溶於 Tris-EDTA (TE) 溶液中，以光電比色計 (Hitachi U-2000) 測定 A_{260} 及 A_{280} 讀值，計算 DNA 濃度並判定萃取效果 (Lee *et al*. 2007)。

聚合酵素連鎖反應 (Polymerase Chain Reaction, PCR) 與電泳分析

以石斛蘭基因組 DNA 50 ng，1× PCR 緩衝液 [10 mM Tris-HCl, pH 8.3, 50 mM KCl, 1.5 mM $MgCl_2$, 0.1% (w/v) Triton 100]，dATP、dCTP、dGTP 及 dTTP 各 200 μM，1 μM 引子及 1.2 U DNA polymerase (*Thermus brockianus*，生工)，總反應體積爲 25 μL，混合液覆蓋 50 μL 礦物油 (Sigma mineral oil M3516)，置入 PCR 儀 (ABI

圖 1. 9 種原生石斛蘭花朵圖片。(a) 紅花石斛；(b) 白石斛；(c) 連珠石斛；(d) 燕石斛；(e) 大雙花石斛；(f) 長距石斛；(g) 紅鸝石斛；(h) 鞭尾石斛；(i) 扁石斛。

Fig. 1. Flowers of nine species of *Dendrobium* and *Epigeneium* used this study. Note differences in color and shape of flowers among these species. (a) *D. miyakei*; (b) *D. moniliforme*; (c) *E. nakaharaei*; (d) *D. equitans*; (e) *D. furcatopedicellatum*; (f) *D. chameleon*; (g) *D. falconeri*; (h) *D. junceum*; (i) *D. lamellatum*.

表 1. 14 個參試蘭花物種

Table 1. Fourteen species of orchids (12 *Dendrobium* [z] and 2 *Epigeneium*) used in this study

Species	Abbreviation	Accession No.	Section	Source
Den. batanense	*D. bat*	TARI. F. D0101.0	Rhopalanthe	Indonesia
Den. chameleon	*D. cha*	TARI. F. D0044.0	Calcarifera	Lilong Shan
Den. crumenatum	*D. cru*	TARI. F. D0040.0	Rhopalanthe	Green Island
Den. equitans	*D. equ*	TARI. F. D0054.0	Rhopalanthe	Orchid Island
Den. falconeri	*D. fal*	TARI. F. D0050.0	Dendrobium	Ku Kuan
Den. fimbriatum	*D. fim*	TARI. F. D0080.0	Dendrobium	Thailand
Den. furcatopedicellatum	*D. fur*	TARI. F. D0055.0	Grastidium	Taipingshan
Den. junceum	*D. jun*	TARI. F. D0087.0	Rhopalanthe	Philippines
Den. lamellatum	*D. lam*	TARI. F. D0115.0	Platycaulon	Philippines
Den. leptocladum	*D. lep*	TARI. F. D0041.0	Grastidium	Tong Pu
Den. miyakei	*D. miy*	TARI. F. D0042.0	Pedilonum	Orchid Island
Den. moniliforme	*D. mon*	TARI. F. D0043.0	Dendrobium	Sun Link Sea
Epi. nakaharaei	*E. nak*	TARI. F. D0051.0	-	Alishan
Epi. sanseiense	*E. san*	TARI. F. D0049.0	-	Ku Kuan

[z] The classification of *Dendrobium* is base on Tsi *et al*. 1990 & Lavarack *et al.* 2000.

2700) 進行聚合酵素連鎖反應。反應溫度條件爲 95℃ 90 s 後，以 95℃ 30 s、42℃ 30 s、72℃ 90 s 3 個步驟進行 40 次循環，最後以 72℃ 600 s 結束，反應完成後試管保存於 4℃。引子序列如下：matK-F：5’-CGT AAA CAG TCT TCT TAT TTA CG-3’；matK-R：5’-TAT GTT TAC GAG CCA AAG TTC TA-3’。

電泳分析時取 10 µL PCR 樣品於 1× TAE buffer 及 1.5% Agarose 中進行。以 100 V 電壓進行電泳至第一道染劑到達膠體頂端前 5 cm 處。膠體以溴化乙錠 (Ethidium bromide) 染色後在 260 nm 波長之紫外光下 (Transilluminator UVP Inc.) 觀察 DNA 條帶，並以影像分析系統 (AIPHA-INNOTE IS-1000) 及 AlphaImager 2000 軟體 (Clontech 公司)，進行照相及儲存檔案，再以熱感相片紙輸出紀錄。

聚合酵素連鎖反應 DNA 片段之選殖與分析

以 2× Rapid Ligation Buffer 5 µL、pGEM-T vector 1 µL、PCR 產物 2 µL、T4 DNA Ligase 1 µL 及滅菌水 1 µL 依序加入 1.5 mL 離心管，置於室溫 90 min 進行黏接反應。取 2 µL 已完成黏接反應溶液，加入勝任細胞 (Competent cell) 50 µL，輕輕的用試管尖攪動溶液，混合均勻後置冰上再以 42℃水浴器進行熱休克 (Heat-shock)，再加入 LB broth 於 37℃培養 1.5 h，然後塗佈於含 IPTG 及 X-gal 之 Ampicillin LB medium 中於 37℃ 培養過夜。每個培養皿挑選約 10 個白色菌落於 3 mL LB 含 Ampicillin 100 mg/L 液態培養基中培養過夜以備分析。

細菌質體萃取與選殖菌株系確認

選殖得到菌株以 Plasmid isolation Kit (Promega Co.) 進行細菌質體之萃取，質體 DNA 溶於 1× TE 溶液中並以電泳確認分子量，判定其品質。插入片段之確認則以限制酵素 EcoRI 剪切之片段大小判定，DNA 片段大小符合之選殖菌系，委託明欣生物科技公司進行解序。

DNA 序列分析與資料處理

解序所得到之序列結果以 DNASTAR 軟體 (DNASTAR, Madison, WI, USA) 中 Megalign 程式依 Hein 的計算公式 (Hein 2001) 加以分析，計算各核酸序列中的異同判別石斛蘭原生種間 matK 序列的相似度 (similarity) 並進行多序列對齊排列 (alignment) 分析，再計算出種間之相似度，繪製遺傳相似度圖。

結　果

種原特性調查

參試 14 種原生種石斛蘭種間的植物型態差異頗大，在移置鳳山分所溫室栽培 1 年後，利用外部形態差異可以區分多數石斛蘭種，僅三星石斛與連珠石斛因形態近似，不易藉外部形態分辨 (表 2)。在石斛蘭屬中，不同種之區別常由葉片的伸展角度、假球莖顏色、節間大小、新芽形狀，花朵形態與著生方式等特性來加以區分。14 種原生石斛蘭中，植株高度最高者爲鴿石斛，含頂端之花序軸，可達 97 cm。紅鸝石斛雖然假球莖爲匍匐性，但長度亦可達 80 cm。葉片長度則以流蘇石斛的 9.4 cm 爲最長，紅鸝石斛和三星石斛葉長僅 2 cm，是所有參試品種中最短者；葉寬以紅花石斛的 2.9 cm 最寬，紅鸝石斛的 0.2 cm 爲最窄。葉片數方面則以紅花石斛具有 20 葉片最多。一般石斛蘭的葉形均爲橢圓形，但其葉片長度方面則長短不一，其中較爲特殊者分別爲雙花石斛細長形之葉片，以及燕石斛扁平銳三角形。一般而言，石斛植株都爲叢生型，其假球莖爲直立或下垂，但連珠石斛屬較特別爲匍匐叢生型。石斛蘭的花朵是全株觀賞的重點，在花朵特性上，大雙花石斛花徑最大，花朵展開幅度達 6.4 cm，紅鸝石斛達 5.6 cm，花朵飽滿，但不若大雙花石斛花瓣之單薄纖細。細莖石斛花朵最小僅 1.5 cm 寬，是展開幅度最小的花朵。花瓣縱徑則以紅鸝石斛 6 cm 最大，細莖石斛 1 cm 最

小；花距大小 (唇瓣基部特化延伸出之漏斗狀構造，其量測是由花梗端往下量)，以長距石斛居首，達 2.1 cm，三星石斛花距長爲 1.7 cm，而細莖石斛則僅有 0.4 cm；花瓣色澤方面以紅鸝石斛，紅花石斛的粉紅色系，及鴿石斛的亮白色較具觀賞價值。部分原生石斛蘭花朵具有香氣，但多數爲清淡型香味；鴿石斛、燕石斛、紅鸝石斛、白石斛等都略有香味。部分種類之石斛蘭會於假球莖或花序上分泌形狀似微小水滴的蜜露以吸引昆蟲，但在台灣的原生石斛蘭中並無此現象 (Lee 2002)。在花瓣方面，唇瓣是型態特化最多的花瓣，也是石斛蘭花朵顏色變化最豐富的地方；鴿石斛的唇瓣以白色爲底，但近喉部則呈現黃色，同時也有三條突起產生；紅花石斛的唇瓣以紫紅色爲主，另有數條深紫紅色的縱線；白石斛的唇瓣則較爲單純，雖然以白色爲主，但近喉部處有紫色斑塊。花粉塊的大小一般在 0.1 cm^2，細莖石斛的花粉塊只有 0.01 cm^2，是所有參試品種中最小的。花朵著生數目，以紅花石斛 (可達 12 朵花) 最多，鴿石斛、紅鸝石斛、連珠石斛、三星石斛等每節均單生一花；鴿石斛雖然單生一花，但其花朵的綻放是整串的，相當具有觀賞價值。經由週年的開花期調查，白石斛花期長，整年可見其開花 (僅 9 月上旬無)，長距石斛及紅花石斛爲每年底至翌年春開花，其它種石斛蘭則多在 2 月至 9 月間開花 (表 2)。

石斛蘭原生種 matK 基因片段之選殖與分析

將蒐集自各地區的石斛蘭原生種依照材料與方法所述，以萃取之基因組 DNA 爲模版，與所設計之 matK-F、matK-R 專一性引子在 55℃的鍊合條件下進行 40 次增幅反應，經瓊脂膠體電泳分析，結果顯示以 matK 引子對可以得到 630 bp 之條帶。將所得到之條帶純化，以熱休克法選殖入大腸桿菌，經解序後，將所得序列與美國國家生物技術資訊中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 的基因庫資料進行比對，結果顯示各個選殖之預期分子量片段爲不同石斛蘭原生種 matK 基因之部分序列。在各個石斛蘭原生種間主要的變異區位引子鄰近前端，變異形態多數爲缺失 (deletion) 變異，至於其他非鄰近前端引子區域之核苷酸序列的變異情形較小，其變異形態主

表 2. 不同石斛蘭屬物種植物外部型態調查表
Table 2. Phenotype of 14 species of orchids (12 *Dendrobium* and 2 *Epigeneium*) used in this study

Name	Floresconce (month)	Plant Height (cm)	Leaf		Flower			
			Size (cm)	Shape	Size (cm)	Pedicel (cm)	Color	Aroma
D. bat	6–7	56	9.0 × 0.6	flat triangle	1.5 × 0.7	1.2	white	no
D. cha	12–2	26	7.0 × 2.8	oval-shaped	3.5 × 2.0	2	white with red line	no
D. cru	2–12	26	7.0 × 2.8	oval-shaped	3.3 × 3.4	1.2	white	yes
D. equ	2–12	41	8.0 × 0.5	flat triangle	2.4 × 1.9	0.7	white	yes
D. fal	3–5	80	5.6 × 0.3	slender	5.6 × 6.0	3.1	light pink	yes
D. fim	3–7	42	9.4 × 2.3	long oval-shaped	3.5 × 3.0	5	orange	yes
D. fur	6–8	77	6.0 × 0.5	slender	6.4 × 4.5	1.2	white with brown sport	no
D. jun	5–10	100	16.0 × 0.2	slender	3.2 × 2.0	2	yellow	no
D. lam	9–12	13	5.0 × 2.5	oval-shaped	2.1 × 1.5	1.7	cream white	yes
D. lep	4–9	33	6.5 × 0.4	slender	1.5 × 1.0	0.8	white	no
D. miy	1–5	45	8.5 × 1.7	long oval-shaped	1.8 × 1.5	1.9	deep pink	no
D. mon	4–9	35	3.9 × 0.7	long oval-shaped	4.0 × 3.3	2	white	yes
E. nak	8–5	7	3.0 × 1.2	oval-shaped	2.0 × 2.3	2	yellow	no
E. san	4	6	2.0 × 0.5	long oval-shaped	2.7 × 3.3	1.3	light pink	no

要爲取代 (replace) 變異，其中細莖石斛在第 420 bp 與 424 bp 間缺失了 5 個核苷酸，481 bp 及 489 bp 間則缺失 9 個核苷酸，這些區域的缺失突變造成細莖石斛與其他石斛蘭原生種有較小之相似度 (圖 2) 。

石斛蘭原生種之親緣關係分析

透過石斛蘭原生種間 matK 部份核苷酸序列比較分析，其相似度介於 91.1 至 99.7%之間 (表 3)，顯示石斛蘭原生種間 matK 核酸序列具有相當高的保守性，其中細莖石斛具有最大的差異性，與其他石斛平均相似度爲 91.0%；相似度最高的爲三星石斛與連珠石斛，其相似度達 99.7%，二者均爲連珠石斛屬，在傳統分類學上被認爲與石斛蘭屬的親緣較遠 (Schelpe & Stewart 1995; Lavarack *et al*. 2000)。將 14 種石斛蘭原生種的 matK 部分序列於 DNAstar 軟體中，依照 Hein 的方法 (Hein 2001) 進行親緣關係分析，可以將 14 種石斛蘭原生種分爲 4 群，其中三星石斛及連珠石斛被分爲一群，其遺傳距離爲 0.003，白花石斛、紅鸝石斛、長距石斛、紅花石斛、及燕石斛爲第二群，其遺傳距離介於 0.020–0.012 之間。扁石斛、大雙花石斛、流蘇石斛、鞭尾石斛、鴿石斛及取自印尼之菲律賓燕石斛爲第三群，此群的相似度較小，遺傳距離介於 0.038–0.016 之間，而細莖石斛因爲缺失變異較多，與其他種石斛蘭的遺傳距離介於 0.089–0.074 之間，和其他參試石斛蘭種的差異最大，故被單獨歸類成一群 (圖 3) 。

討 論

在傳統分類上，石斛蘭屬植物可以分爲 *Athecebium*、*Dendrobium*、*Rhopalobium*、*Xerobium* 等 4 個亞屬 (Schelep 1995)。台灣的原生石斛蘭列名其中的有 6 種，分別是屬於 *Dendrobium* 亞屬的白花石斛、櫻石斛、紅鸝石斛、金草石斛及紅花石斛以及 *Rhopalobium* 亞屬的鴿石斛。依據「中國蘭花全書」之記載，可以將台灣原生石斛蘭分爲石斛、暫花蘭及連珠石斛等 3 屬 (Chen & Tsi 1998)，在石斛屬下，再分爲禾葉節 (*Grastidium*；大雙花石斛、小雙花石斛、細莖石斛等 3 種)，基腫石斛節 (*Dendrobium*；燕石斛與鴿石斛等 2 種)，大花石斛節 (*Eugenanthe*；長距石斛、紅花石斛、白花石斛、黃花石斛、紅鸝石斛、金草石斛及櫻石斛等 7 種)。就 Schelep 和 Chen & Tsi 等兩學者的分類方式，鴿石斛應被歸類爲 *Rhopalobium* 亞屬或 *Dendrobium* 節，若依據植物外部特徵進行分類時往往有爭議之處。

DNA 序列於分類上之應用，主要是依據核苷酸的取代 (substitution)、重組 (rearrangements) 以及插入 (insertion)/缺失 (deletion) 等變異方式進行計算來評估不同樣品間的差異性。在這些變異中，插入與缺失事件常發生在非解碼區域，常被應用於譜系及演化傾向的解釋上 (Hilu & Alice 1999)。而 matK 基因爲編碼區域快速演化的代表基因 (Olmstead & Palmer 1994)，其演化速率爲葉綠體另一常被使用於演化與親緣分析之 rbcL 基因的 2–3 倍 (Steele & Vilgalys 1994; Plunkett *et al.* 1997; Johnson & Soltis 1994)，因此適合用於種或屬間的演化與親緣關係之界定。本研究利用 14 個石斛蘭原生種間 matK 基因部分序列進行親緣關係分析，可將參試石斛蘭原生種區分爲 4 群 (圖 3)，其中三星石斛及連珠石斛在傳統的分類中被歸爲連珠石斛屬 (*Epigeneium*) (Schelpe & Stewart 1995; Lavarack *et al*. 2000)，本研究之數據亦印證此論點，將此兩種石斛歸爲同一群。白花石斛、紅鸝石斛、長距石斛、紅花石斛、及燕石斛被分爲第二群，此群石斛在傳統分類上除了燕石斛外，其餘均被歸分爲大花石斛節 (*Eugenanthe*)(Tsi *et al.*1999)，此在以 matK 基因部份核酸序列爲基礎之分子層次分類與傳統形態分類亦相符合。另外，扁石斛、大雙花石斛、流蘇石斛、鞭尾石斛、鴿石斛及取自印尼之菲

```
                 10         20         30         40         50         60         70         80         90        100        110
D. bat   GT---CTGG- AGTCTATCTT GAGCGAACAC ATTTCTATGG AAAAAT-AGA ATATCTTATA ATCGTGTGTT GTAATTCTTT TCAGAGGATC TTATGGTTCC TCAAGGATAC
D. cha   ..-------- ---....... .......... .......... ......-... .......... .......... .....CA... .......... .......... .......C..
D. cru   ..-------G A.....CAC. TGAGCG.... .......... ......-... .......... A......... .......... .......... .......... ..........
D. equ   ..-------- ---....... .......... .......... ......-... .......... A......... .......... .......... .......... ..........
D. fal   ..-------- ---....... .......... .......... ......-... .......... .......... .......... .......... C......... ..........
D. fim   ..--TATGGT A....A.... .......... .......... ......-... .......... .......... .......... .......... C......... ..........
D. fur   ..--TCTGGG A......... ......-... .......... ......-... .......... .......... .......... .......... C......... ..........
D. jun   ..--TCTGG- G......... .......T.. .......... ......-... .......... A......... .......... .......... .......... ..........
D. lam   ..--TCTGG- A...A..... ......-... .......... ......-... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lep   ..GTCTTGGT A.....ATC. TGAGCG.... .......... ......G... .......C.. .......... .......... .......... C......... ....A.....
D. miy   ..-------- ---G...... .......... .......... ......-... .......... .......... .....CA... .......... .......... ..........
D. mon   ..-------- ---....... .......... .......... ......-... .......... .......... .......... .......... C......... ..........
E. nak   ..-------- ---....... ......-... .......... ......-... .......... .......... ..C....... .......... C......... ....A.....
E. san   ..-------- ---....... .......... .......... ......-... .......... .......... .......... .......... C......... ....A.....
                120        130        140        150        160        170        180        190        200        210        220
D. bat   TTTCATACAT TATGTTCGAT ATCAAGGAAA AGCAATTCTG GCTTCAAAAG GAACTCTTAT TCTGATGAAA AAATGGAAAT TTCATCTTGT GAATTTTTGG CAATCTTATT
D. cha   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. cru   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. equ   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fal   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......G... .......... .......... ..........
D. fim   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......G... .......... .......... ..........
D. fur   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. jun   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lam   .......... .......... .......... .......... .......... .....A.... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lep   .......... .C.T...... .......... ...G...... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. miy   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. mon   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......G... .......... .......... ..........
E. nak   .......... .......... .......... ...G...... .......... .......... .........G .......... .......... .......... ..........
E. san   .......... .......... .......... ...G...... .......... .......... .........G .......... .......... .......... ..........
                230        240        250        260        270        280        290        300        310        320        330
D. bat   TTCACTTTTG GTTTCAACCT CATAGGATCC ATATAAAGCA ATTACCCAAC TATTCCTTCT CTTTTCTGGG GTTATTTTCA AGTGTACTGA AAAATCCTTT GGTAGTAAGA
D. cha   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ...A...... .......... ....C..... ..........
D. cru   .......... .......... C......... .......... .......... .......... .C........ ...A...... .......... .......... ..........
D. equ   ....T..... .......... C......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fal   .......... .C........ .......T.. .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fim   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fur   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .....C.... .......... ..........
D. jun   .......... .......... C......... .......... .......... .......... .......... ...A...... .......... .......... ..........
D. lam   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......A... ..........
D. lep   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..-------- --........ .......... ..A.TC..T.
D. miy   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ...A...... .......... ....C..... ..........
D. mon   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ...T...... .......... .......... ..........
E. nak   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... T..T...... .......... .......... ..........
E. san   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... T..T...... .......... .......... ..........
                340        350        360        370        380        390        400        410        420        430        440
D. bat   AATCAAATGC TAGAGAATTC ATTTCTAATA AATACTCTAT CTAATAAATT AGATACCATA GTCCCAGTTA TTTCTCTTAT TGGATCATTG TCGAAAGCTC AATTTTGTAC
D. cha   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. cru   .......... .......... .......... .......... ....T..... .A........ .......... .......... .......... .......... ..........
D. equ   .......... .......... .......... .......... ....T..... .A........ .......... .......... .......... .......... ..........
D. fal   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fim   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fur   .......... .......... ....G..... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. jun   .......... .......... .......... .......... ....T..... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lam   ..C....... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lep   .........A A.T.A...G. .....A.... ........GA ....C..... .T........ A....C.... .......... .........- ----...... ..........
D. miy   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .........C .......... .......... .......... ..........
D. mon   .......... .......... .......... .......... .......... .A........ .......... .......... .......... .......A.. G.........
E. nak   .......... .......... .......... ........GA .......... .......... .......... .......... .......... ..A....... ..........
E. san   .......... .......... .......... ........GA .......... .......... .......... .......... .......... ..A....... ..........
                450        460        470        480        490        500        510        520        530        540        550
D. bat   TGTATTGGGT CATCCTATTA GTAAACCGAT CTGGACCGAT TTATCGGATT CTGATATTCT TGATCGATTT TGTCGGATAT GTAGAAATCT TTGTCGTTAT CACAGCGGAT
D. cha   .......... .......... .......... .......... .......... ........A. .......... .......... .......... .......... ..........
D. cru   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......C... .......... .......... .......... ..........
D. equ   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fal   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fim   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. fur   .......... .......... .......... .....T.... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .....T....
D. jun   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lam   .......... .....G.... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
D. lep   ..A....... ..AAA..... TG........ .......... ---------. ..T....... .......... ....C..... .......... ........G- G..T......
D. miy   .......... .......... .......... .......... .......... ........A. .......... .......... .......... .......... ..........
D. mon   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
E. nak   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
E. san   .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... .......... ..........
                560        570        580        590        600        610
D. bat   CCTCGAAGAA ACAGGTTTTG TATCGTATAA AGTATATACT TCGACTATCG TGTGCTAGAA CTTTGG
D. cha   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......
D. cru   ....G..... .......... .......... .......... .......... .......... ......
D. equ   ....G..... .......... .......... .......... .......... .......... ......
D. fal   .......... .......... .......... .......... ......A... .......... ......
D. fim   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......
D. fur   .......... .......... .......... .........C .......... .......... ......
D. jun   ....G..... .......... .......... .......... .......... .......... ......
D. lam   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ...A..
D. lep   ..C....... .......... .......... .......... .......... .......A.. ......
D. miy   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......
D. mon   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......
E. nak   .T........ .......... .......... .......... .......... .......... ......
E. san   .......... .......... .......... .......... .......... .......... ......
```

圖 2. 14 個蘭花種間之 matK 基因部份 DNA 序列比較。

Fig. 2. Sequences Comparison of matK gene sequence of 14 species of orchids (12 *Dendrobium* and 2 *Epigeneium*). [Abbreviations for the 14 *Dendrobium* species are shown in Table 1. Dots (·) indicate the same nucleotides and dashes (–) were introduced to maximize homology.]

表 3. 14 個石斛蘭種之 matK 序列遺傳相似度

Table 3. Similarities of the matK gene sequences among the 14 species of orchids (12 *Dendrobium* and 2 *Epigeneium*)

	D. bat	*D. cha*	*D. cru*	*D. equ*	*D. fal*	*D. fim*	*D. fur*	*D. jun*	*D. lam*	*D. lep*	*D. miy*	*D. mon*	*E nak*	*E. san*
D. bat	100.0													
D. cha	98.0	100.0												
D. cru	97.5	96.5	100.0											
D. equ	99.0	98.0	97.9	100.0										
D. fal	98.2	98.2	96.4	98.2	100.0									
D. fim	98.4	98.5	96.6	98.5	99.3	100.0								
D. fur	97.7	98.0	96.2	98.0	98.5	98.5	100.0							
D. jun	99.2	98.3	97.7	99.3	98.2	98.2	97.9	100.0						
D. lam	97.7	98.0	96.2	98.0	98.2	98.4	98.0	97.9	100.0					
D. lep	91.3	91.6	92.6	91.7	91.9	92.0	91.3	91.3	91.1	100.0				
D. miy	97.9	99.5	96.4	97.9	98.0	98.3	97.8	98.2	97.8	91.4	100.0			
D. mon	97.9	98.2	96.7	98.3	98.8	99.2	98.3	98.2	98.0	92.1	98.0	100.0		
E nak	97.0	97.4	95.5	97.2	97.7	98.0	97.5	97.4	97.2	92.6	97.2	97.9	100.0	
E san	97.4	97.7	95.9	97.5	98.0	98.3	97.8	97.7	97.5	92.9	97.5	98.2	99.7	100.0

律賓燕石斛等被歸分爲第三群，這一群的物種相似度較小，遺傳距離較其他群爲高，顯示在此群體中各個體間的差異性大。而細莖石斛因其花朵嬌小 (約 1 cm)，葉形細長如禾草，明顯與其他石斛蘭不同，在傳統的分類中被歸爲石斛蘭屬之禾葉節 (*Grastidium*) (Tsi *et al*. 1999)

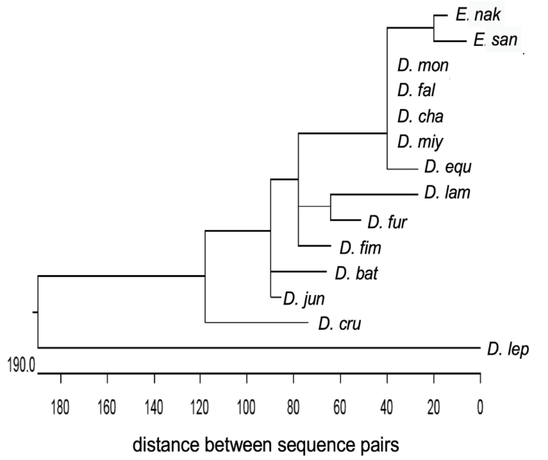

圖 3. 以 matK 基因序列爲基礎之 14 個石斛蘭種間親緣分析圖。

Fig. 3. The dendrogram of the 14 species of orchids (12 *Dendrobium* and 2 *Epigeneium*) constructed from sequence of matK gene.

甚至將其獨立成 *Grastidium* 屬 (Lavarack *et al*. 2000)。本研究之結果亦顯示應將細莖石斛單獨區分爲一群，因其 matK 部分基因序列中包含有較多的缺失變異，造成與其他石斛蘭原生種之差異性大，此結果與 RAPD (Lee 2002) 及 ITS 分析結果 (Tsai *et al*. 2004) 亦相符合。

此外，連珠石斛屬 (*Epigeneium*) 中的連珠石斛，其分類地位曾有學者認爲應該合併在石斛蘭屬 (*Dendrobium*)，並將學名更正爲 *Dendrobium nakaharai* (Lin 1975)，但近年來許多學者則將其獨立爲連珠石斛屬 (*Epigeneium*) (Tsi *et al*. 1999; Lavarack *et al*. 2000; Tsai *et al*. 2004)。本研究結果顯示，連珠石斛屬的三星石斛及連珠石斛兩者間的相似度高達 99.7%，且與其他合併比較時，其 matK 序列之相似度較石斛蘭屬的扁石斛、大雙花、流蘇石斛、菲律賓燕石斛、鞭尾石斛、鴿石斛及細莖石斛更接近其他參試的石斛蘭屬材料。由於石斛蘭原生種有 1000 種以上，在屬 (genus) 以下有亞屬 (sub-genus)、節 (section)、群 (group) 等之區分，到目前爲止，種 (species) 的分類歸屬，往往因爲學者觀點的不同而改變其分類地位。利

用 matK 基因核苷酸序列做爲石斛蘭屬的分類依據，可簡易的將各個種類區分開，特別是在石斛蘭不同節的分類上。然而許多學者主張獨立爲連珠石斛屬 (*Epigeneium*) 的三星石斛及連珠石斛之分類觀點上，本研究實驗數據支持將其合併至石斛蘭屬，此結果雖與目前許多學者的認知不同，卻是利用 matK 序列分析所得之分子證據。然而單獨使用一個分子特徵作爲分類依據容易偏頗，若能在進行分類研究的同時，利用多項植物之特性，包含不同種類的分子標誌及外部形態特徵等特性進行綜合判別分類，或可給連珠石斛屬 (*Epigeneium*) 的分類地位給予更客觀之評估。

引用文獻 (Literature cited)

Bodyl, A. 1999. Evolutionary pathway of the apicomplexan plastids and its implications. Microbiology 7:266–267.

Chen, S. C. and Z. H. Tsi. 1998. The Orchids of China. Flora Reipublicae Popularis Sinica. Tomus 19. Science Press. Beijing. 356 pp. (in Chinese)

Delwiche, C. F. and J. D. Palmer. 1996. Rampant horizontal transfer and duplication of rubisco gene in eubacteria and plastids. Mol. Biol. Evol. 13:873–882.

Hein, J. 2001. An algorithm for statistical alignment of sequences related by a binary tree. Pac. Symp. Biocomput. 6:179–190.

Hilu, K. W. and L. A. Alice. 1999. Evolutionary implications of matK indels in Poaceae. Am. J. Bot. 86:1735–1741.

Hilu, K. W. and H. Liang. 1997. The matK gene: sequence variation and application in plant systematics. Am. J. Bot. 84:830–839.

Howe, C. J. 1996. RNA polymerases and plastid evolution. Trends Plant Sci. 1:323–324.

Johnson, L. A. and D. E. Soltis. 1994. matK DNA sequences and phylogenetic reconstruction in Saxifragaceae *sensu strstricto*. Syst. Bot. 19:143–156.

Kamemoto, H., T. D. Amore, and A. R. Kuehnle. 1999. Breeding *Dendrobium* Orchids in Hawaii. Hawaii Univ. Press. Honolulu. 163 pp.

Lavarack, P., G. Stocker, and W. Harris. 2000. *Dendrobium* and its Relatives. Timber Press. Portland, Oregon. 287 pp.

Lee, S. P. 2002. Identification of Native *Dendrobium* Species by Randomly Amplified Polymorphic DNA Markers. Master Thesis. Dept. Hortic., Natl. Chung Hsing Univ. 106 pp.

Lee, W. L., Y. S. Teng, and R. Q. Lin. 2007. Using RAPD markers to study genetic variation among Lychee Cultivars. J. Taiwan Agric. Res. 56(4):281–288 (in Chinese with English abstract)

Li, S. Z. 2007. Illustration of Compendium of Chinese Materia Medica. Shaanxi Normal Univ. Press. 670 pp.

Lin, T. P. 1975. Native Orchids of Taiwan. vol. 1 Dept. Bot., Natl. Taiwan Univ. Taipei. 355 pp.

Margulis, L. and R. Obar. 1985. *Heliobacterium* and the origin of chrysoplasts. Biosystems 17:317–325.

Martin, W., B. Stoebe, V. Goremykin, S. Hansmann, M. Hasegawa, and K. V. Kowallik. 1998. Gene transfer to the nucleus and the evolution of chloroplasts. Nature 393:162–165.

Neuhaus, H. and G. Link. 1987. The chloroplast *trn*A^{lys}(UUU) gene from mustard (*Sinapsis alba*) contains a class II intron potentially coding for a maturase-related polypeptide. Curr. Genet. 11:251–257.

Olmstead, R. G. and J. D. Palmer. 1994. Chloroplast DNA systematics: a review of methods and data analysis. Am. J. Bot. 81:1205–1224.

Plunkett, G. M., D. E. Soltis, and P. S. Soltis. 1997. Clarification of the relationship between Apiaceae and Araliaceae based on matK and rbcL sequence data. Am. J. Bot. 84:565–580.

Raven, P. H. 1970. A multiple origin for plastids and mitochondria. Science 169:641–646.

Sang, T., D. J. Crawford, and T. F. Stuessy. 1997. Chloroplast DNA phylogeny, reticulate evolution, and biogeography of *Paeonia* (Paeoniaceae). Am. J. Bot. 84: 1120–1136.

Schelpe, S. and J. Stewart. 1995. *Dendrobiums*-an Introduction to the Species in Cultivation. Orchid Sundries Ltd. Stour Provost. Dorset. 115 pp.

Steele, K. P. and R. Vilgalys. 1994. Phylogenetic analysis of Polemoniaceae using nucleotide sequences of the plastid gene matK. Syst. Bot. 19:126–142.

Su, H. J., C. S. Leou, J. J Chen, and C. Y. Hu. 2000. Orchidaceae. p.839–849. *in*: Flora of Taiwan, vol. 5. (Huang, T. C. *et al*. eds.) 2nd ed. Editioil Committee, Dept. Bot. NTU, Taipei, Taiwan.

Tsai, C. C., C. I. Peng, S. C. Huang, P. L. Huang, and C. H.

Chou. 2004. Determination of the genetic relationship of *Dendrobium* species (Orchidaceae) in Taiwan based on the sequence of the internal transcribed spacer of ribosomal DNA. Sci. Hort. 101:315–325.

Tsi, Z. H., S. C. Chen, Y. B. Luo, and G. H. Zhu. 1999. Orchidaceae (3). p.485. *in*: Angiospermae, Monocotyledoneae, Flora Reipublicae Popularis Sinica. Tomus 19. (Tsi, Z. H., ed.) Science Press. Beijing. (in Chinese)

Zerges, W. 2002. Does complexity constrain organelle evolution? Trends Plant Sci. 7:175–182.

Genetic Relationships of *Dendrobium* (Orchidaceae) Species Based on Chloroplast-matK Gene Sequences [1]

Wen-Li Lee[2], Shough-Peng Lee[2,5], Kan-Shu Chen[2], Rong-Quey Lin[2], Tsung-Dao Liou[2], Ting- Eni Dai[3], and Jen-Ping Chung[4]

Abstract

Lee, W. L., S. P. Lee, K. S. Chen, R. Q. Lin, T. D. Liou, T. E. Dai, and J. P. Chung. 2009. Genetic relationships of *Dendrobium* (Orchidaceae) species based on Chloroplast-matK gene sequences. J. Taiwan Agric. Res. 58:61–71.

Dendrobium is an important genus of Orchidaceae, especially in Asia. In this study, chloroplast-matK sequences were used to identify genetic relationships of *Dendrobium* species. Results showed a high degree of similarity (91.1 to 99.7%) among different *Dendrobium* species tested, indicating that the matK gene sequences are highly conservative in *Dendrobium*. Similarity in *D. leptocladum* is 91.0% which is the most different from others *Dendrobium* species examined. *Epigeneium san* and *E. nak* had the highest similarity of 99.7% and, they were separated from the genus *Dendrobium*. Based on aligned sequences of matK regions, the 14 *Dendrobium* species were divided into four main groups with the genetic distance of 0.003 for group 1; 0.020–0.012 for group 2; 0.038–0.016 for group 3 and 0.089–0.074 in *D. leptocladum* for group 4. *D. leptocladum* is a group high genetic divergence due to mass deletion of its matK sequences through mutation and it is a native species in Taiwan.

Key words: *Dendrobium*, Chloroplast, matK gene, Genetic relationships, Phylogenetic analysis.

---

1. Contribution No.2347 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: January 23, 2009.
2. Respectively, Assistant Horticulturist, Assistant Horticulturist, Horticulturist and Director, Associate Horticulturist and Head, and Late Horticulturist and Director, TARI, FengShan, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
3. Associate Horticulturist and Head, Floriculture Research Center, TARI, Gukeng, Yunlin, Taiwan, ROC.
4. Assistant Professor, Mingdao University, Peetow, ChangHua, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: shoughpeng@fthes-tari.gov.tw; Fax: (07)7315590.

台 灣 農 業 研 究 稿 約

一、本刊爲行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁爲原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫，但須附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁爲原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份 (內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張 (長 29.6 公分，寬 21 公分) 兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利送審及電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12 字；英文 6 字以內爲原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字爲原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　文：依序爲前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSION)、誌謝 (ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 WORD®中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 **1. (Table 1.)**，表 **2. (Table 2.)** 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙 (白色透明紙) 上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中所有標示應以英文書寫 (Arial 字型) 或註明於標題之後。

3、照片以光面紙爲原則，清晰度以縮小 50%可判讀爲宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 爲宜。

4、圖版及照片下方應有標題，並按文中出現的順序加上**圖 1. (Fig. 1)**、**圖 2. (Fig. 2)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文爲限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al*. 1992)，置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母爲序。作者相同時以年代先後爲序。

3、文獻之書寫方法以期刊爲例，依序爲作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之"Serial Sources for the BIOSIS Previews Database"或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen metabolism of rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1-12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31-38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、所有度量衡均採公制，數量如用中 (英) 文數字，單位以中 (英) 文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 爲準。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里 (km)、公尺 (m)、公分 (=厘米) (cm)、公釐 (=毫米) (mm)、微米 (μm)。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、μg。

(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮 (=毫升) (mL)、μL。

(4)面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。

2、溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。

3、時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。

4、濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN) 。

5、重力加速度：*g*。

6、其他之縮寫：平均 (*av*)、大約 (*ca*)、直徑 (diam.)。

7、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

8、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 P (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (*r*)、決定係數 (R)、變異係數 (cv)、標準機差 (se) 等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台灣農業研究

(原中華農業研究)

第五十八卷　第一期

中華民國九十八年三月出版

發 行 人：劉 大 江

總 編 輯：呂 秀 英

主　　編：吳 宜 晏　陳 盈 佑

編審委員：

生技組：吳 明 哲（主審）

作物組：歐 錫 坤（主審）
黃 肇 家　楊 純 明　施 昭 彰
徐 信 次

農化組：郭 鴻 裕（主審）
簡 宣 裕　劉 滄 棽

植病組：安 寶 貞（主審）
蔡 武 雄　鄧 汀 欽　謝 廷 芳

應動組：王 清 玲（主審）
陳 健 忠　溫 宏 治

農工組：蔡 致 榮（主審）
黃 禮 棟　梁 連 勝

種原組：黃 勝 忠（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 58, No. 1 Mar, 2009

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Liu, Dah-Jiang

EDITOR IN CHIEF: Lu, Hsiu-Ying

EDITORS:

Wu, Yi-Yan Chen, Ying-You

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)
Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wu, Min-Tze (Biotechnology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Chien-Chung
Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin
Hsieh, Ting-Feng
Hsu, Hsin-Tszu
Huang, Chao-Chia
Huang, Li-Duhng
Liang, Lien-Sheng
Liu, Tsang-Sen
Shih, Jau-Chang
Tsai, Wu-Hsiung
Wen, Hung-Chich
Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

台灣農業研究第五十八卷第一期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：劉大江

總 編 輯：呂秀英

地　　址：41362台中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)23302301

出版日期：中華民國九十八年三月三十一日

定　　價：新臺幣一七五元

展 售 處：五南文化廣場　400台中市中山路6號　(04)22260330

國家書店松江門市　104台北市松江路209號1樓　(02)25180207

國家網路書店　http://www.govbooks.com.tw

承 印 者：學安文化事業有限公司

電　　話：(04)22861600

ISSN 0022-4847

GPN 2009500560

Mar, 2009

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 58, No. 1

台灣農業

Research Reports

The Responses of *Oncidium* Cut Flowers to Ethylene and 1-MCP
Chao-Chia Huang and Robert E. Paull 1

Studies on Antioxidant Capacity of Hot Water Extracted from Different Sweet Potato Varieties
Tsung-Yen Wu, Hsin-Chen Lee, Tsai-Hsin Chiu, and Shwu-Jene Tsai 7

Survey and Monitoring of Insect and Mite Pests in Imported Rice
Me-Chi Yao, Chi-Yang Lee, and Kuang-Hui Lu 17

Studies on Heterotic Patterns of Super Sweet Corn Varieties in Taiwan
Shao-Kuo Liu, Guang-Jauh Shieh, and Fu-Sheng Thseng 31

Influence of Climatic Conditions on Production of Rice Cultivar TNG 71
Yuh-Jyuan Lee, Chwen-Ming Yang, and Chiao-Ling Hsiao 45

Evaluation of In Vitro Antioxidant and Anti-Lipid Peroxidation Activities of Ching-Pien-Tsao (*Pteris multifida* Poiret)
Tzu-Ching Wang, Hou-I Lee, and Chi-Ching Yang 55

Genetic Relationships of *Dendrobium* (Orchidaceae) Species Based on Chloroplast-matK Gene Sequences
Wen-Li Lee, Shough-Peng Lee, Kan-Shu Chen, Rong-Quey Lin, Tsung-Dao Liou, Ting- Eni Dai, and Jen-Ping Chung 61

Published by The Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號 中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847

9 770022 484003

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元